

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de viabilidad tecnológica y económica del uso de energía geotérmica en el Circuito de Castellolí

MEMÓRIA

Autor: Xavier Domingo Graells
Director: Dr. Emilio Hernández
Convocatoria: 09/2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



RESUMEN

La energía geotérmica es uno de los recursos renovables menos explotado actualmente en el mundo, debido quizás a un desconocimiento, aunque esconde un gran potencial.

Este proyecto se realiza con el objetivo de visibilizar la energía geotérmica como una de las mejores alternativas renovables para la generación de climatización y ACS.

En el presente se introduce la energía geotérmica, explicando que es, los distintos tipos de yacimientos que existen, como explotarlos y que usos tienen.

Se realiza un estudio de la zona donde está ubicado el Circuito Parcmotor de Castellolí, a nivel geológico y geotérmico, para conocer si existe la posibilidad de instalar un sistema de captadores geotérmicos con éxito.

Seguidamente se propone una solución para la instalación de climatización y ACS mediante una bomba de calor geotérmica. Se han realizado los cálculos aproximados de dimensionado de potencia de la bomba de calor y la longitud de intercambiador geotérmico necesaria para abastecerla.

También se lleva a cabo un estudio general de costes asociados a la instalación, se genera un presupuesto y un estudio de amortización, con el objetivo de incentivar en un futuro próximo la implementación de este sistema en las instalaciones del Parcmotor.

Finalmente se ha confirmado, después de realizar los cálculos pertinentes, la viabilidad tecnológica y económica de una instalación de geotermia en el Circuito Parcmotor de Castellolí.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ÍNDICE.....	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Motivación	5
1.2. Objetivo.....	5
1.3. Alcance	5
1.4. Conceptos clave	6
1.5. Perspectiva actual.....	6
2. QUE ES LA GEOTERMIA	7
2.1. Tipos de sistemas de energía geotérmica	8
2.2. ¿Por qué instalar geotermia?.....	10
2.3. Aplicaciones	10
2.4. Sistemas de intercambiadores.....	11
3. ESTUDIO DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA ZONA.....	12
3.1. Contexto geográfico y geológico	12
3.2. Contexto geotérmico	13
4. EJEMPLOS DE APLICACIONES EN LA COMARCA DE LA ANOIA.....	15
4.1. Plaza de la Cruz 16	15
4.2. Campus Motor Anoia	16
5. PROPUESTA ENERGÉTICA PARA EL PARCMOTOR	18
5.1. Situación actual.....	18
5.2. Solución propuesta	19
5.3. Dimensionado de la instalación	20
5.4. Situación de la instalación	25
5.5. Estudio de costes	26
5.6. Presupuesto y estudio de viabilidad de la instalación propuesta	28

5.7. Diagrama de Gantt.....	30
6.LEGISLACIÓN ACTUAL	31
7.IMPACTO AMBIENTAL	32
CONCLUSIÓN.....	33
AGRADECIMIENTOS.....	34
WEBGRAFÍA	35
Webgrafía complementaria	36
ANEXO I	38
Mapas de características geotérmicas.....	38
ANEXO II	42
Plaza de la Cruz 16	42
Campus Motor Anoia	46
ANEXO III	49
Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica	50

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

El presente proyecto viene motivado por la inquietud y la necesidad personal de ampliar conocimientos en el ámbito de las energías renovables aplicadas a la construcción.

Es conocido que vivimos tiempos de cambio, de concienciación y de innovación. El mundo energético está cambiando debido a una necesidad natural. El cambio climático es una realidad y es necesario actuar al respecto. Es por eso que el papel de las energías renovables y la eficiencia energética está ganando posiciones respecto a las energías fósiles, y presentándose como las mejores opciones para satisfacer las necesidades de suministro energético.

De aquí nace la motivación de poder investigar sobre el potencial de la energía geotérmica, una energía al alza en Europa, con el objetivo de poder hacerla más presente como alternativa energética sostenible en nuestro país, ya que actualmente, no es aún muy conocida.

1.2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es estudiar el potencial geotérmico de la zona en la que está ubicado el Parcmotor de Castellolí, comarca de la Anoia, para incentivar el uso de energías renovables. Este estudio debe permitir determinar la viabilidad tecnológica para instalar un sistema de calefacción/refrigeración y calentamiento de agua sanitaria mediante energía geotérmica.

Se realizará este proyecto para motivar la instalación de este sistema de generación de energía, determinando la viabilidad económica del sistema y comparándola con el sistema actual de calefacción/refrigeración y de ACS y comprobando el ahorro que esto supondría.

1.3. Alcance

Este proyecto abarca toda la investigación para determinar la viabilidad tecnológica y económica de una instalación de energía geotérmica en una edificación ya existente en el circuito Parcmotor de Castellolí. También se realizará un dimensionado de una posible instalación, el presupuesto aproximado para la misma y la capacidad de amortización.

1.4. Conceptos clave

Gradiente geotérmico

La temperatura que podemos medir en los primeros kilómetros de la corteza terrestre bajo la superficie, aumenta con la profundidad en una media de 3°C por cada 100m de profundidad. La relación entre la variación de temperatura y la profundidad es la que llamamos gradiente geotérmico.

Fluido geotérmico

El fluido geotérmico suele ser un líquido caliente, rico en sales minerales, en la mayoría de casos una mezcla de agua con un glicol (agente anticongelante). Este fluido geotérmico, una vez llegado a la superficie, dependiendo de su grado de calor, puede ser destinado a intercambiar calor directamente con el habitáculo, intercambiar esa energía mediante bombas de calor o incluso generar energía eléctrica.

1.5. Perspectiva actual

Para poder situar el proyecto en un marco más global debemos conocer a grandes rasgos cual es la situación actual de la energía geotérmica.

Actualmente, aproximadamente un 70% de la energía que se obtiene de recursos geotérmicos se utiliza para climatización y ACS.

A fecha de enero de 2017, en el mundo ya había instalados 15.000 MW de capacidad instalada, con proyectos en desarrollo por para doblar esta cifra en los próximos años. Tan solo en Europa, en el año 2015 ya había instalados 2.133 MW de potencia y las cifras de crecimiento apuntan a un valor de 3.385 MW para el año 2020.

A día de hoy, según el IDEA, existe un parque de 8.500 instalaciones térmicas de energía geotérmica en España, y el 90% de estos equipos esta instalado en viviendas unifamiliares.

En España se han llevado a cabo perforaciones profundas en distintas zonas de su geografía para evaluar el potencial geotérmico, pero en todos los casos los recursos evaluados son de baja o muy baja entalpia. Los yacimientos de baja y muy baja entalpia son actualmente explotados solo de forma parcial y en pequeña intensidad para calefacción y ACS en edificios de viviendas y colegios en las zonas de Lérida y Orense, y en distintos balnearios en la Rioja, Navarra, Tarragona, Murcia y Almería. También se utilizan para calefacción en recintos agrícolas en puntos de Tarragona, Murcia y Granada.

2. QUE ES LA GEOTERMIA

La palabra geotermia tiene origen griego, deriva de “*geos*” que significa tierra, y “*thermos*” que significa calor. Es por eso que se denomina geotermia a la ciencia geofísica que se dedica al estudio de los fenómenos térmicos que ocurren en el interior de la Tierra, así como a todos los procesos industriales que tratan de utilizar ese calor para generar energía.

La energía geotérmica se define como aquella energía que se puede obtener mediante el aprovechamiento de calor interno de la Tierra. Hay distintos métodos utilizados para la obtención de esta energía. Se puede obtener mediante el intercambio de calor con distintos fluidos, o utilizando fluidos “calientes” almacenados debajo de la corteza terrestre.

Según el nivel energético del recurso que contiene cada yacimiento, los podemos clasificar de la siguiente manera:

- **Recurso geotérmico de alta temperatura (alta entalpia):** en las zonas más activas de la corteza terrestre, se pueden alcanzar temperaturas superiores a 150°C. Normalmente este tipo de yacimiento son utilizados para producir energía eléctrica a partir de vapor de agua, ya que se pueden extraer grandes cantidades de calor. Estos yacimientos se encuentran en zonas de grandes gradientes geotérmicos y la profundidad a la que se encuentran es muy variable.
- **Recurso geotérmico de media temperatura (media entalpia):** suelen encontrarse masas de agua a baja presión que alcanzan temperaturas entre 100 y 150°C. Esto nos permite usarlos para la generación de electricidad, aunque con un rendimiento menor que los de alta temperatura, o también se puede aprovechar el calor de forma directa para sistemas de calefacción urbanos o de uso industrial. Suelen encontrarse en zonas geográficas con un contexto geológico y estructural favorable, y con un gradiente de temperaturas por encima de la media.
- **Recurso geotérmico de baja temperatura (baja entalpia):** alcanzan temperaturas no muy elevadas, entre 30 y 100°C. El calor de estos yacimientos suele utilizarse para sistemas de calefacción urbanos, para procesos industriales y para balnearios o aguas termales.
- **Recurso geotérmico de muy baja temperatura (muy baja entalpia):** son los yacimientos que sus temperaturas no superan los 30°C. Son ideales para instalar intercambiadores térmicos en sistemas de calor mediante bomba de calor. Estos yacimientos pueden localizarse en cualquier punto, ya que el gradiente térmico solo influencia en el rendimiento del sistema.

En Cataluña el uso de la geotérmica más extendido es el de muy baja temperatura, aprovechando su energía mediante bomba de calor para la climatización de edificios. Como explicaremos más adelante, esto nos permite también utilizar este sistema en verano y aumentar el rendimiento, y a su vez, el ahorro.

Así pues, esta es una tecnología eficiente y que nos proporciona ahorros importantes, y con el añadido que las condiciones geológicas para su aprovechamiento son poco exigentes y podemos aprovechar este recurso en prácticamente la totalidad del territorio.

2.1. Tipos de sistemas de energía geotérmica

La energía geotérmica ofrece variedad de posibilidades a la hora de realizar una instalación. Dependiendo de nuestras necesidades, la situación geográfica y las condiciones del terreno, podemos optar por instalar distintos sistemas para obtener energía del subsuelo.

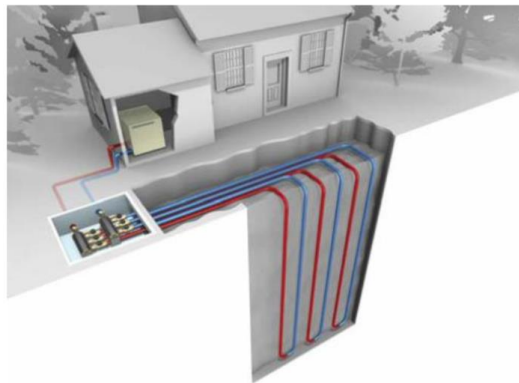
Existen varios tipos de sistemas de aprovechamiento de energía geotérmica de muy baja temperatura, que se pueden clasificar en dos grupos principales:

- **Sistemas abiertos:** tal y como su nombre indica, el circuito por el cual circula el fluido intercambiador, está abierto a un acuífero, de donde se extrae el agua con tal de aprovechar su energía.
- **Sistemas cerrados:** en estos sistemas el fluido geotérmico de las bombas de calor, circula por un circuito cerrado situado debajo del subsuelo.

De estos últimos sistemas, dependiendo de la situación de los conductos, podemos diferenciar entre dos tipos:

- **Verticales:** las tuberías mediante las cuales el fluido intercambiara energía con el subsuelo se sitúan de forma vertical, en agujeros que pueden tener unas profundidades de entre 70 metros y hasta unos 150 metros.

Este tipo de perforaciones suelen realizarse en: zonas climáticas más adversas, para evitar las oscilaciones térmicas de los primeros metros de subsuelo, en edificios de nueva construcción, debido a que las perforaciones pueden



realizarse debajo del propio edificio, y en zonas donde no se disponga de suficiente superficie horizontal.

Este tipo de perforaciones incrementan el precio de la instalación, debido a los costes de perforar verticalmente. Estos agujeros suelen rellenarse de un mortero ligero para asegurar las paredes del tubo y evitar daños.

Figura 1: intercambiadores verticales

- **Horizontales:** en este caso, las tuberías son colocadas horizontalmente, a unos 2 metros de profundidad en los alrededores de la edificación. Este sistema requiere una superficie de entre 1,5 a 3 veces la superficie total que se desea calentar. Los costes de esta instalación son menores que en un sistema de intercambiadores verticales, aunque tiene un rendimiento menor, debido a que la poca profundidad lo hace más susceptible a las variaciones climatológicas.

Se debe tener en cuenta que, sobre esta superficie, no se podrán colocar árboles, arbustos u otras construcciones, porque la instalación podría sufrir daños.

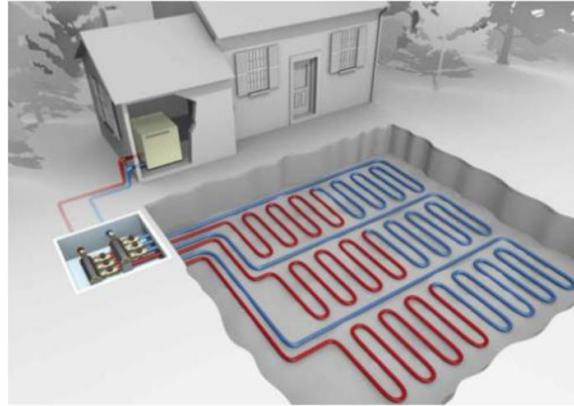


Figura II: intercambiadores horizontales

A continuación, se muestra una tabla comparativa de pros y contras de los dos tipos de captadores explicados anteriormente.

	Captadores Verticales	Captadores Horizontales
Temperatura del suelo	Constante durante todo el año	Ligeramente variable en el año
Requerimiento de terreno	Mínimo	Alto
Impacto sobre la organización del terreno	Mínimo	Alto
Uso del terreno en el futuro	Libre	Limitado
Transmisión de la energía	Muy buena	Buena
Consumo de energía eléctrica	Muy bajo	Bajo
Costes de la instalación	Mayor	Menor (aprox. 50% menos que el captador vertical)

Tabla 1: pros y contras entre captadores verticales y horizontales

2.2. ¿Por qué instalar geotermia?

Una de las razones principales por las cuales es recomendable la instalación de una bomba de calor geotérmica es la reducción del consumo de energía de hasta un 80% respecto a un sistema convencional. Esto se debe a que una bomba de calor geotérmica utiliza el subsuelo o un acuífero como fuente principal de energía, y estas dos fuentes de energía son gratuitas.

Aunque el tiempo de amortización puede ser de entre 6 y 12 años dependiendo de las dimensiones de la instalación y el COP de la bomba de calor instalada, el importe de las facturas de calefacción será mucho menor desde el primer mes.

La segunda razón para elegir una bomba de calor geotérmica es que es respetuosa con el medio ambiente, ya que este sistema produce muchas menos emisiones de CO₂ que un sistema de calefacción convencional.

Otras razones por las cuales se recomienda instalar este sistema de calefacción son: porque no necesita ventilación, ni chimeneas, se puede instalar dentro de casa, en un sótano o sala de máquinas, no emiten malos olores y casi no necesita mantenimiento.

En algunos países y regiones se ofrecen subvenciones para cambiar los sistemas de calefacción basados en combustibles fósiles por unos basados en energía renovable, y la bomba de calor geotérmica está clasificado como tal.

2.3. Aplicaciones

Como se ha expuesto en el punto anterior, existen distintos tipos de yacimientos geotérmicos, y según la entalpía que contienen, podemos darles usos distintos.

Los yacimientos de alta entalpía son explotados por centrales geotérmicas, ya que las temperaturas elevadas permiten calentar grandes cantidades de agua y aprovechar el vapor para generar energía eléctrica.

Los yacimientos de baja o muy baja entalpía son usados en la industria o en infraestructuras, como por ejemplo carreteras, puentes, pistas de aterrizaje, y a nivel particular, para calefacción y ACS.

2.4. Sistemas de intercambiadores

Para el caso que nos ocupa, se necesitaran sistemas para aprovechar la energía de un yacimiento de muy baja entalpia y poder calentar distintas estancias o calentar agua sanitaria.

En el mercado existen varios sistemas para poder calentar el aire de un espacio cerrado, ya sea insuflando aire caliente en la habitación o bien irradiando calor al aire mediante otros sistemas.

- **Termoconvectores (*Fan coils*):** Estos sistemas utilizan conductos de agua para calentar o enfriar aire que se distribuye mediante unidades difusoras entre las diferentes salas, a una temperatura de trabajo aprox. de 45°C.

Estas unidades difusoras pueden situarse a distintas alturas en la habitación.

Encontramos:

termoconvectores de suelo, de pared, de techo, de casete y sistemas centralizados de conductos.

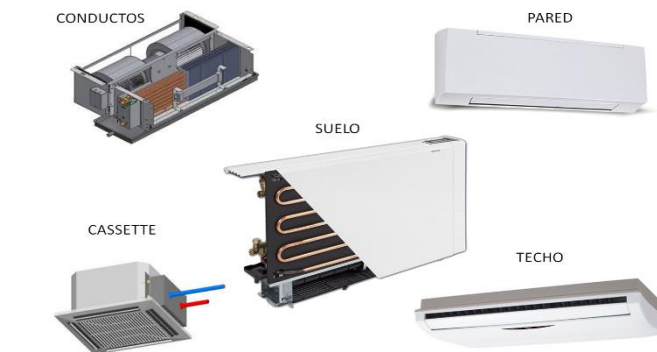


Figura 3: tipos de Fan coils

- **Suelo radiante:** Esta es la forma de transmisión de calor más eficiente y es por eso que es el intercambiador más recomendado para sistemas de calefacción. Trabaja a una temperatura aprox. de 40°C. Como su propio nombre indica, es el propio suelo el que irradia calor a la habitación mediante unos conductos por donde circula agua caliente. Este sistema podría instalarse también en paredes verticales, aunque empeoraría su rendimiento. Por contra, es delicado y poco eficiente utilizar este sistema para enfriar habitaciones, debido a que si se circula agua baja temperatura por los conductos podría ocurrir condensación y esto podría generar problemas.
- **Radiadores de agua de baja temperatura:** Las bombas de calor geotérmicas pueden generar temperaturas máximas de unos 50°C sin llegar a bajar su rendimiento, pero los radiadores convencionales trabajan a temperaturas entre 65°C-70°C y sería necesaria la utilización de otra fuente de calor convencional. Por suerte, existen en el mercado otro tipo de radiadores con superficies de intercambio mayores, preparados para trabajar a temperaturas más bajas, de unos 50°C aproximadamente.

3. ESTUDIO DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA ZONA

A continuación, se estudiará la zona desde el punto de vista geológico y se analizará su potencial geotérmico.

3.1 Contexto geográfico y geológico

El Circuito Parcmotor está situado en el término municipal de Castellolí, en la comarca de la Anoia, provincia de Barcelona ($41^{\circ}35'29.5''\text{N } 1^{\circ}41'14.8''\text{E}$). El circuito se encuentra situado dentro de la conca de Ódena.

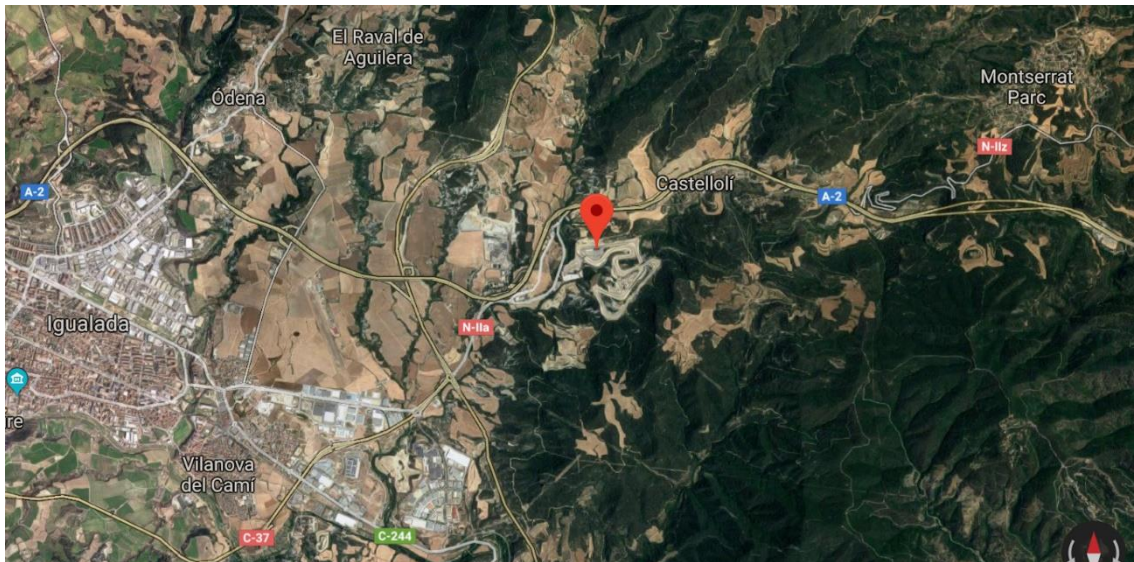


Figura 4: vista aérea de la localización del Circuito Parcmotor

En el siguiente mapa, podemos observar cuáles son los materiales por los cuales está formado el subsuelo de la zona donde se realizaría la instalación.

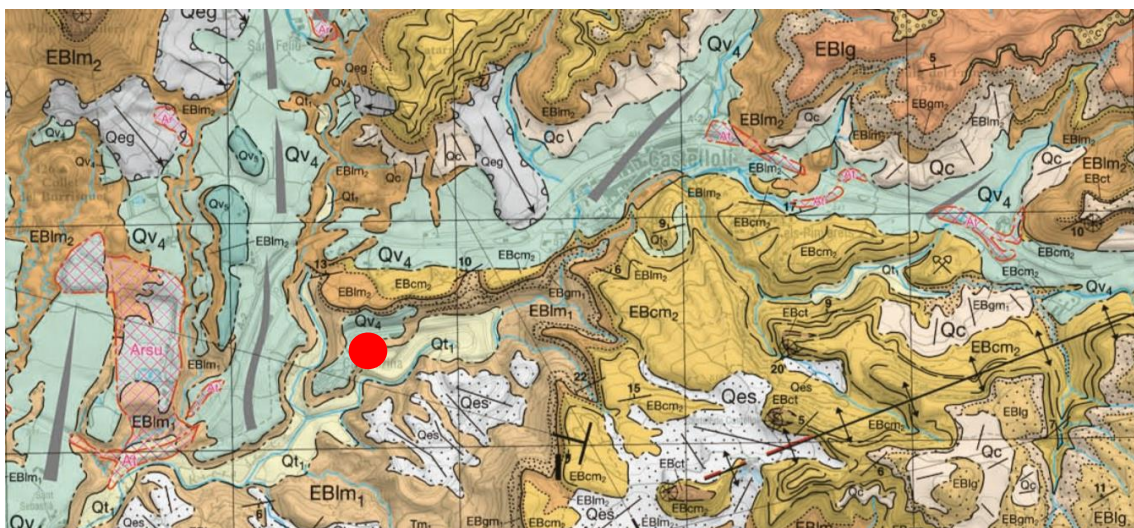


Figura 5: mapa geológico de Catalunya 1:25000. Castellolí. Fuente: ICG

Según la leyenda de este mapa que encontramos en el ANEXO I, el subsuelo en la zona del *padock* está compuesto por gravas, arenas y limos. Se intercalan niveles lenticulares de gravas y tramos de limos. El grado de cimentación puede ser muy variable, desde bajo hasta formar costras de grosor decimétrico fuertemente cimentadas por carbonato de calcio.

3.2. Contexto geotérmico

Para conocer las posibilidades geotérmicas del Parcmotor, necesitamos saber cuáles son las temperaturas medias del subsuelo en la zona de estudio.

Para poder caracterizar el régimen de temperaturas del subsuelo, se utiliza la temperatura mediana anual del suelo a una profundidad de 0,50m. El circuito de Castellolí está situado íntegramente en la zona naranja, que tal y como nos indica la leyenda 1 del ANEXO I, es una zona de régimen de temperatura *Térmico*, típico de áreas que presentan una temperatura mediana anual del suelo superior a los 15°C.

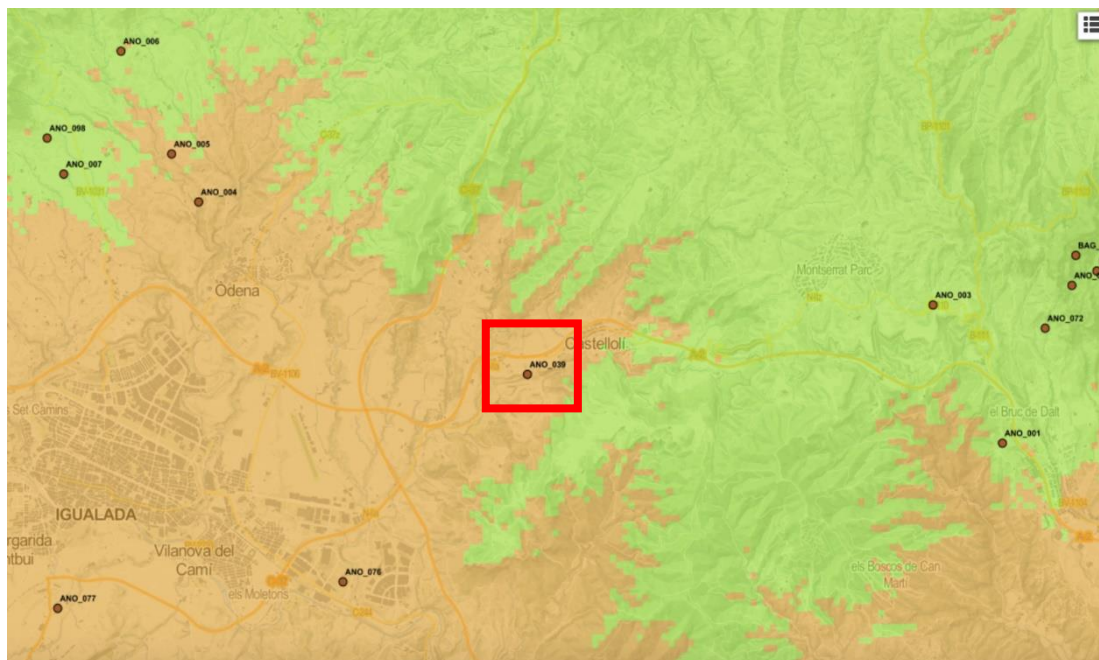


Figura 6: Mapa de régimen de temperaturas de suelos. Fuente: Institut cartogràfic i geològic de Catalunya.

Para conocer otras características más concretas que nos ayudaran a decidir la viabilidad de la instalación, así como si debemos instalar intercambiadores verticales o horizontales, se observan los siguientes datos en los mapas geotérmicos de la zona que podemos encontrar en el ANEXO I.

Una de las características del subsuelo más importantes a tener en una instalación de energía geotérmica de muy baja entalpía es la temperatura media anual a 100m de profundidad, así como las oscilaciones que puede sufrir entre estaciones. Una temperatura media anual demasiado baja podría reducir el rendimiento de la instalación e incrementar así el tiempo de amortización de la instalación.

En los mapas proporcionados por el *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)*, la temperatura media anual a 100m de profundidad en la zona es de 16,8°C, con un salto térmico a 100m de profundidad en invierno de 10,9°C y de -5,2°C en verano.

También podemos conocer *gradiente geotérmico* del subsuelo, que se sitúa justo por encima de la media (30 mK/m) con un valor de 32,5 mK/m. Su conductividad térmica es de 2,66 W/m·K.

Estos datos nos permiten apreciar que un sistema de calefacción mediante bomba de calor geotérmica con pozos verticales es una opción viable, debido a que la temperatura media anual a 100m de profundidad es relativamente elevada, y el salto térmico apreciado sobre todo en invierno, permitirá aumentar el rendimiento de la bomba con respecto a un sistema de calefacción convencional. La conductividad térmica del terreno es elevada y las características del subsuelo no deberían ocasionar problemas al realizar las debidas perforaciones verticales y obtener un buen rendimiento.

4. EJEMPLOS DE APLICACIONES EN LA COMARCA DE LA ANOIA

En la comarca de la Anoia hay variedad de instalaciones de energía geotérmica para calentamiento de aguas sanitarias y de calefacción.

Se ha tenido la posibilidad de visitar dos de estas instalaciones, con la finalidad de conocer qué tipo de perforaciones se realizan, las dimensiones de las instalaciones, sus potencias, etc.

4.1. Plaza de la Cruz 16

La primera de las instalaciones está situada en un edificio de viviendas en el centro de Igualada, en la Plaza de la Cruz.

La construcción de este edificio y de su consiguiente instalación data del año 2009. En este edificio, con tal de cumplir las especificaciones del CTE, se decidió instalar un sistema de calderas con bomba de calor geotérmica y paneles solares térmicos para proporcionar energía para calefacción y ACS.

La instalación está dotada de dos bombas de calor de 7,75 kW de consumo de potencia eléctrica cada una, capaces de generar 30 kW de potencia de calefacción y 23,8 kW de refrigeración. El intercambio de calor con el subsuelo se realiza mediante 9 tubos de perforación vertical. De estos 9 tubos, 8 tienen una profundidad de 100m y una de las perforaciones tiene tan solo 70m de profundidad, debido a que se encontraron aguas subterráneas a mayor profundidad durante las perforaciones.

El elemento terminal de la instalación de calefacción es un suelo radiante, los tubos del cual circulan directamente por el interior del hormigón de la estructura para poder aprovechar al máximo la inercia térmica de este.

Como se puede observar en las imágenes del ANEXO II, la instalación está dotada de 3 acumuladores de agua caliente, uno de ellos equipado con una resistencia interna que se activa automáticamente de forma periódica para elevar la temperatura del depósito por encima de los 70°C, con tal de prevenir la contaminación de las aguas con Legionela, o también para calentar el agua del depósito en caso de necesidad por demanda. También dispone de un depósito de inercia térmica para el circuito geotérmico, así como diferentes sistemas de bombas de presión, válvulas de cierre automático y manual para poder regular todos los circuitos y caudales, según las demandas en cada momento.

Toda la instalación se puede controlar a través del panel de control que se puede ver en la Foto 5 del ANEXO II, y con más detalle en las Fotos 7 y 8 de este. En estas imágenes se pueden observar el panel de temperaturas a tiempo real de la instalación, donde podemos observar que las temperaturas de los distintos pozos geotérmicos rondan entre los 16,7°C y los 17,6°C, temperaturas que rondan la temperatura media a 100m de profundidad que encontramos en los mapas geotérmicos del ANEXO I comentados anteriormente. No tenemos en cuenta el pozo número 6 que está cerrado y se encuentra a una temperatura de 23,7°C, y el pozo número 7, que deducimos que es el pozo de menos profundidad y por eso se ve más afectado por las altas temperaturas de la superficie.

Al disponer solo de suelo radiante, los propietarios no utilizan la instalación para refrigerar la vivienda por temor a que se produzcan condensaciones y tener problemas de humedades. Pero sí que se utilizan los pozos geotérmicos para recircular el agua que procede de las placas solares térmicas, debido a que en días de mucho sol el agua alcanza temperaturas demasiado altas. De esta manera, se mantiene un equilibrio con el subsuelo, reintroduciendo energía en este con tal de evitar que los pozos pudieran llegar a enfriarse.

Al ser una instalación particular, el panel dispone de interruptores que se pueden actuar manualmente para poder gestionar de forma más eficiente toda la instalación, y parar o encender sus distintas fases en función de la demanda del edificio.

4.2. Campus Motor Anoia

La segunda instalación que se ha podido conocer, está situada en el Campus Motor Anoia, localizado a 700m del Circuito ParcMotor de Castellolí. Debido a su situación geográfica, la hace una instalación muy valiosa. Esta puede ser de gran ayuda y un claro indicador de la viabilidad de instalar energía geotérmica en el ParcMotor.

Esta instalación de climatización está dotada de dos bombas de calor agua-agua y una bomba de calor aire-agua que abastecen una superficie de 1892m². Las dos bombas de calor agua-agua (BC-1 y BC-2) utilizan un circuito geotérmico para disipar/captar la energía térmica procedente del proceso de producción de energía de climatización y/o ACS.

	Potencia Calefacción [kW]	Potencia Refrigeración [kW]	Consumo Eléctrico [kW]
BC-1	68,40	59,80	18,13
BC-2	102,80	93,80	25,24
BC-3	106,46	143,00	57,80

Tabla 2: Tablas de potencias de las bombas de calor geotérmicas agua-agua y bomba de calor aire-agua

El circuito geotérmico está formado por 30 intercambiadores verticales de 100m de profundidad y 0,150m de diámetro, equipados con sondas geotérmicas de PE-Xa (Polietileno reticulado), distribuidos en dos grupos de 15 intercambiadores, con sus respectivos grupos de impulsión con válvulas de corte y módulo de retorno con válvulas de equilibrado. Estas perforaciones están distribuidas en forma de cuadrícula tal y como se muestre en el siguiente esquema:

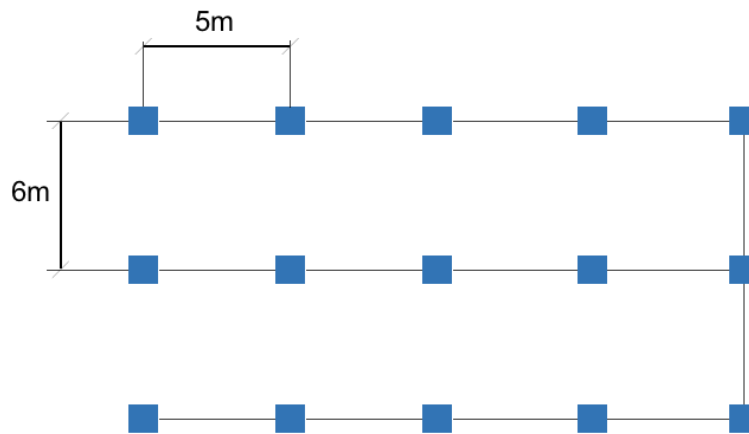


Figura 7: Esquema de distribución de uno de los dos grupos de 15 intercambiadores.

La distribución se realiza mediante un sistema de dos tubos que reparte el agua del circuito hasta los elementos terminales, que son: *Fan coils* y UTA's (Unidades de Tratamiento de Aire).

El sistema recupera la energía calorífica que se desprende de la producción de energía térmica de las bombas de calor para la producción de ACS mediante un intercambio en un acumulador-intercambiador.

Actualmente el edificio se encuentra al 50% de ocupación y tan solo se encuentran activas la BC-2 y la bomba de calor aire-agua, que tienen capacidad más que suficiente para abastecer un edificio con una calificación energética de A.

5. PROPUESTA ENERGÉTICA PARA EL PARCMOTOR

5.1. Situación actual

Para poder entender cuáles son las necesidades energéticas de las instalaciones del circuito, primero es necesario conocer que es el Parcmotor y que usos se les dan a sus instalaciones.

El Circuit Parcmotor es actualmente una empresa privada, dirigida por Ton Pons, con un accionario mayoritario, Octagon Esedeos SL, y otros accionistas de diferentes sectores. Actualmente el circuito tiene como objetivo convertirse en un circuito conectado y de referencia de ámbito nacional e internacional con el *partnership* con Cellnex Telecom, el principal operador de infraestructuras de telecomunicaciones inalámbricas de Europa.

El complejo de Parcmotor ocupa una superficie de 100 hectáreas dedicadas a los deportes de motor, y las actividades que se desarrollan en sus circuitos e instalaciones se adaptan a las necesidades del cliente, tanto en el ámbito amateur como a nivel profesional.

Parcmotor Castellolí es un lugar donde se desarrollan actividades muy diversas, des de carreras de competición, entrenamientos de equipos, test y desarrollo de vehículos, presentaciones y eventos para marcas, cursos de formación y otras actividades lúdicas.

Esta es la razón por la cual las necesidades de calefacción y ACS no son constantes a lo largo del año, y pueden ser muy variables en función de la ocupación del circuito y la demanda de la actividad que se lleve a cabo. En el Parcmotor hay distintas edificaciones, localizadas en distintos puntos del circuito.

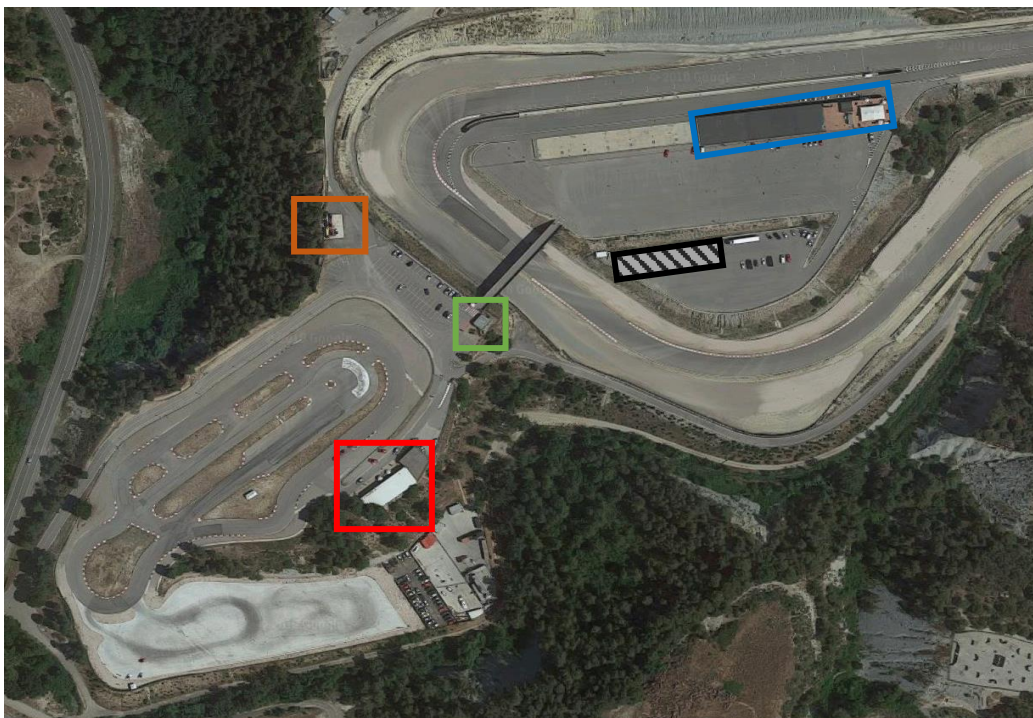


Figura 8: vista aérea de la zona del paddock, parquein y circuito escuela.

En la *Figura 8* podemos localizar las edificaciones de: boxes, oficinas, clínica y sobrebox marcados de color azul (estos dos últimos espacios creados recientemente), el Restaurante Parcmotor marcado de color naranja, las oficinas marcadas de color verde, el edificio de FAST Parcmotor marcado de color rojo y el almacén, que no aparece en el mapa ya que su construcción es muy reciente, situado en la zona rallada.

Este último es un almacén que debido a sus usos no precisa de climatización ni de ACS, ya que no dispone de baños.

El edificio del centro de formación FAST esta alquilado a una empresa externa y no ha sido posible tener acceso a sus instalaciones ni a información referente a su climatización. Es por eso que no incluiremos esta edificación en los cálculos.

Para la realización del dimensionado y estudio económico nos centraremos exclusivamente en las edificaciones del *padock*, es decir: la zona de boxes, oficinas de boxes, clínica y sobrebox, que actualmente no disponen de sistemas de climatización fijos.

De estas edificaciones, (los planos de las cuales se encuentran en el ANEXO III), las oficinas de boxes, la clínica y el sobrebox, tienen demanda variable en función de la ocupación a lo largo del año, aunque el espacio a climatizar es siempre el mismo.

No ocurre lo mismo con el espacio de boxes. Cuando se alquilan estos espacios, son los clientes los que deciden el espacio que utilizaran, como lo cerraran y si lo climatizaran.

Por lo que hace referencia a la demanda de ACS, en la zona del *padock* hay 8 duchas y 4 grifos regulables, que actualmente se abastecen con dos depósitos de 75L con resistencia eléctrica interna para ACS, una potencia de 1,5 kW cada uno.

5.2. Solución propuesta

Después de situarnos en las instalaciones del Parcmotor, y una vez conocidos los distintos tipos de sistemas geotérmicos, las características del subsuelo y las instalaciones realizadas en la zona, se ha determinado cual sería la mejor opción para instalar energía geotérmica en el Parcmotor de Castellolí, y a continuación se expondrá punto por punto.

Primeramente, se ha descartado la opción de realizar un sistema abierto debido a que no se tiene conocimiento de la existencia de un acuífero del que poder aprovechar el agua. También se descarta la posibilidad de instalar un sistema de intercambiadores horizontal, debido principalmente a que el gradiente térmico entre estaciones haría disminuir el rendimiento de la instalación de forma notable. Si bien es cierto que se dispone de la superficie suficiente en la actualidad para poder instalar este sistema, eso limitaría las posibilidades de realizar cualquier tipo de edificación en esa zona en un futuro.

Es por eso que finalmente se ha escogido como la opción más óptima un sistema cerrado de intercambiadores verticales que abastecerán las bombas de calor geotérmicas. El calor generado servirá para calentar ACS y para climatizar distintas salas.

Aunque sabemos que un suelo radiante es el sistema de climatización más eficiente, no podemos contemplar esta opción, ya que las edificaciones en las que se aplicara la climatización ya están construidas, e instalar suelo radiante incrementaría mucho los costes de la instalación, la cual cosa la haría una opción inviable económicamente.

Al visitar las instalaciones se ha podido observar que en la clínica y las oficinas del box ya se han realizado huecos en las paredes para poder instalar climatización con *Fan coils*, por lo tanto, se aprovecharan para instalar este tipo de terminales termoconvectores.

También se instalarán 4 unidades terminales de tipo *cassete* en los techos del sobrebox, ya que este también se ha construido para instalar estas unidades de climatización en un futuro.

La zona de boxes necesita un sistema de climatización que permita climatizar cada box por separado. Para ello se ha pensado en un sistema de ventilación industrial por debidamente aislado que lleve la climatización a todos los boxes mediante uno o dos conductos que conectaran todos los boxes, con unidades terminales termoconvectoras en cada box con un control individual, que permita activar o no la climatización dependiendo de la necesidad.

5.3. Dimensionado de la instalación

Para poder dimensionar debidamente la instalación, es necesario conocer exactamente cuales son, o serán, las necesidades energéticas de la edificación. Tal y como hemos mencionado anteriormente, en el caso que nos ocupa, no es posible conocer con exactitud todos los parámetros necesarios para dimensionar la instalación, es por eso que utilizaremos aproximaciones justificadas para realizar los cálculos pertinentes.

Dividiremos el cálculo en varios puntos estructurados de manera lógica para ir caracterizando la instalación adecuadamente.

- **Cálculo de demanda anual de climatización y ACS**

Como se ha expuesto anteriormente, el volumen a climatizar en la zona de Boxes puede variar, pero para poder hacer unos cálculos aproximados, utilizaremos el volumen total de la zona boxes.

La superficie total a climatizar es de 1254m², repartidos en 1008m² de la zona de Boxes, 144m² del sobrebox y 102m² de la clínica y las oficinas de Boxes.

A partir de algunos datos de ocupación del circuito y de costes de climatización de 2018 proporcionados por Ton Pons, director del Parcmotor, se ha podido deducir de forma aproximada la demanda anual de energía para **climatización**, que se encuentra alrededor de los 115.000 kWh/año.

Para calcular el consumo correspondiente a la demanda de **ACS**, se han seguido las directrices del CTE. A partir de la *Tabla 4.1 de la sección HE4*, podemos saber la demanda de referencia de agua a 60°C.

Para Vestuarios/Duchas colectivas, la demanda es de 21 l/día·persona, y para centros de salud es de 41 l/día·persona. Suponemos una ocupación ideal del circuito de 300 días/año y que de media 5 personas por día utilizarían las duchas colectivas y 2 personas utilizarían la clínica. Así pues, el consumo diario de ACS sería de 187 l/día.

Se ha utilizado la siguiente fórmula para calcular la energía necesaria para abastecer esta demanda de ACS:

$$DE_{\text{año}} = 1,16 \times 10^{-3} \cdot D_{\text{día}} \cdot N_{\text{días}} \cdot C_p \cdot \rho \cdot (T_{\text{ACS}} - T_{\text{red}}) \quad (\text{Eq: 1})$$

- $DE_{\text{año}}$: demanda de energía anual para ACS
- $D_{\text{día}}$: caudal diario medio de agua (0,187 m³/día)
- $N_{\text{días}}$: días que se ocupa el circuito al año (300 días/año)
- C_p : calor específico del agua (1 kcal/kg · °C)
- ρ : densidad del agua (1000 kg/m³)
- T_{ACS} : 60 °C
- T_{red} : temperatura media del agua de la red (13,5°C)

A partir de la ecuación *Eq.1* obtenemos el consumo anual para abastecer la demanda de ACS.

$$DE_{\text{año}} = 3026,03 \text{ kWh/año}$$

Con estos dos resultados sabemos que el consumo anual de energía para climatización y ACS es de **118.026,03 kWh/año**.

- **Calculo de la potencia de la bomba de calor geotérmica**

Seguidamente se procede a calcular las dimensiones necesarias de la bomba de calor geotérmica para abastecer las necesidades energéticas de climatización y ACS calculadas en el anterior punto.

Según se use la bomba de calor solo para climatización o también para calentar ACS, se han estipulado las horas de funcionamiento anuales de la bomba de calor en 1800 h/año si solo se utiliza para climatización, y 2400 h/año si se usa para climatización y ACS. En el caso que nos ocupa, utilizaremos un valor de 2400h/año de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica para los cálculos de dimensionado. Si bien ahora la ocupación del circuito no llega a su límite, se previene que en un futuro se requiera que la instalación este funcionando permanentemente y debemos anticiparnos a estos hechos a la hora de dimensionar la instalación.

Utilizando la siguiente fórmula conoceremos cual es la potencia necesaria:

$$P_{BCG} = \text{Demanda anual (kWh/año)} / 2400 \text{ (h/año)} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$P_{BCG} = (\text{Demanda climatización} + \text{Demanda ACS}) / 2400 \text{ (h/año)}$$

$$P_{BCG} = (115.000 + 3026,03 \text{ kWh/año}) / 2400 \text{ h/año}$$

$$P_{BCG} = 49,18 \text{ kW}$$

En función de este valor, debemos seleccionar una bomba de calor geotérmica capaz de generar esta cantidad de energía tanto para calefacción como para refrigeración con el mayor COP posible.

Se ha decidido escoger una bomba de calor geotérmica reversible de la marca AIRLAN, modelo WRL_180° con una capacidad frigorífica de 50 kW y 51 kW de potencia térmica, con un EER de 4,52 para refrigeración y un COP de 4,02 al generar calor (Ficha de características en el ANEXO III).

- **Cálculo de la longitud total de sonda intercambiadora geotérmica y el número total de perforaciones**

Ahora que ya tenemos calculada la potencia de la bomba de calor y sabemos cuál es su COP y su EER, podemos calcular mediante las siguientes fórmulas cual es la longitud total de sonda que se necesita para abastecer la instalación.

El potencial térmico del terreno deberemos aproximar, debido a que no se tienen datos de sondeos en la zona, a partir de la siguiente tabla.

Grupo	Tipo de litología	Caracterización hidráulica	Potencial térmico superficial (W/m)
A	Arenas, gravas arcillas y limos	Muy secos y nivel muy profundo (>30 m)	< 25
B	Arcillas y limos	Húmedos	30-50
C	Calizas, dolomías, basaltos y calcarenitas	Húmedos	40-60
D	Gravas, gravillas, arenas, areniscas, granitos y otras rocas metamórficas con esquistos y gneises	Húmedos. Nivel somero.	60-80
E	Gravas y arenas	Muy permeables, nivel muy somero y elevada circulación de agua	80-100

Tabla 3: grupos de litologías establecidas en función de características térmicas de la roca y potencial térmico correspondiente. Fuente: IDAE

Tal y como vimos en el apartado 3, el subsuelo de la zona donde se realizarían las perforaciones, está formado por arenas, gravas y limos, de baja cimentación (Grupo A de la Tabla 3). También sabemos que es una zona por donde circulan varios torrentes de agua, y esto podría humedecer el subsuelo a más profundidad. También hemos podido ver en los informes de Campus Motor Anoia que se consideró un valor de 50 W/m para realizar los primeros cálculos de dimensionado. Por ese motivo, para realizar los cálculos, utilizaremos un valor intermedio de 35 W/m de potencial térmico superficial para realizar los cálculos. Si escogiéramos un valor superior pero finalmente no encontráramos un terreno húmedo al realizar las perforaciones, podríamos quedarnos cortos en el dimensionado.

$$\text{Potencia térmica intercambiador} = [\text{Potencia climatización} * (\text{COP} - 1)] / \text{COP} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Longitud}_{\text{sonda}} = \text{Potencia térmica intercambiador} / \text{Potencial térmico terreno} \quad (\text{Eq. 4})$$

Donde:

- Potencia climatización: 49,18 kW
- Coeficiente de rendimiento (COP): 4,02
- Potencial térmico terreno: 35 W/m

Para realizar los cálculos de longitud de sonda se utiliza el valor de rendimiento más desfavorable para no quedarnos cortos al dimensionar la instalación, en este caso el COP.

Así pues, la longitud total de sonda necesaria para la instalación es de **1.055,6m**.

Para reducir al máximo el impacto que pueden tener las oscilaciones de temperatura a lo largo del año sobre el rendimiento de la instalación, se impone que todas las perforaciones tengan una longitud de 100m.

$$N^{\circ} \text{ de perforaciones} = \text{Longitud total de sonda} / 100 \text{ m} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$N^{\circ} \text{ de perforaciones} = 10,55 \text{ perforaciones}$$

A partir del resultado obtenido, se ha decidido redondear el numero de perforaciones a 11 perforaciones verticales de 100m de longitud, ya que es necesario cubrir toda la demanda de energía a través de los intercambiadores. Todos los pozos disponen de llaves para abrirlos manualmente en caso de máxima demanda y cerrarlos si la demanda no lo requiere para conservar la energía del subsuelo y evitar posibles enfriamientos a largo plazo.

Hay otros parámetros que entrarían en consideración al realizar los cálculos de una instalación de esta magnitud que en este caso no se han tenido en cuenta para simplificar los cálculos, pero sí que deberían tenerse en cuenta para realizar un dimensionado preciso.

Cualquier edificación debe ventilarse para renovar el aire interior y mantener una buena calidad de aire. Esta ventilación puede ser forzada o no. En caso de establecerse un sistema de ventilación forzada, podría instalarse un sistema de recuperación de energía para minimizar las perdidas energéticas por ventilación.

También se debe tener en cuenta la cantidad de energía generada en el uso de los espacios, ya sea por la maquinaria que trabaja dentro de estos espacios como las personas que los utilizan.

Hay sistemas que disponen de recirculación de ACS para aprovechar el calor y reducir el consumo energético.

Es muy importante que la edificación a climatizar esta bien aislada y con el menor número de puentes térmicos posible, para almacenar debidamente la energía y no dejar que entren o salgan grandes cantidades de energía que hacen aumentar el consumo de la instalación y aumentan el tiempo de amortización de la instalación.

5.4. Situación de la instalación

La sala de calderas de la instalación necesita una ubicación en el *padock*, lo más cercana posible a la zona a climatizar y a la zona de uso de ACS.

Se propone instalar esta sala de calderas adjunta a la clínica y las oficinas del box. Sería necesario crear una pequeña edificación adyacente con tal de albergar la bomba de calor geotérmica, sus depósitos correspondientes y el resto de bombas de impulsión y elementos de control de la instalación. Esta edificación debería estar debidamente aislada para evitar humedades y grandes pérdidas de energía que harían disminuir el rendimiento de la instalación.

No es posible instalar la sala de calderas al lado de los boxes, debido a que el terreno esta preparado para en un futuro ampliar la zona de boxes y esto lo impediría.

La situación de las perforaciones en este caso no es tan problemática ya que como se ha expuesto anteriormente, las perforaciones verticales no limitan el uso a posteriori del terreno.

El único requisito que se debe cumplir al realizar las perforaciones es que deben estar separadas un mínimo de 6 metros y tendrán que estar situadas lo más próximas posibles a la bomba de calor para minimizar las pérdidas de energía.



Figura 9: situación de la sala de calderas

5.5. Estudio de costes

- **Costes de consumo eléctrico de la bomba de calor**

Seguidamente debemos calcular cual será el consumo eléctrico anual y su coste para poder saber cuál será el tiempo de amortización de la instalación. Para ello debemos multiplicar la potencia consumida de la bomba de calor geotérmica escogida por las horas de trabajo anuales. La bomba de calor consume una potencia superior para generar calor y menor para refrigerar, por lo tanto, realizaremos los cálculos de consumo suponiendo que el 50% del tiempo que la bomba esta en funcionamiento lo hace para generar calor, y el resto para refrigerar.

$$\text{Consumo}_{\text{anual refrigeración}} = 10,95 \text{ kW} * 1200\text{h/año} = 13140 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual calefacción}} = 12,79 \text{ kW} * 1200\text{h/año} = 15348 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual total}} = 28488 \text{ kWh/año}$$

Los costes asociados al consumo de la bomba de calor, teniendo en cuenta que el precio medio del kWh es de 0,13193€/kWh, son de:

$$\text{Costes de consumo} = 28488 \text{ kWh/año} * 0,13193\text{€/kWh} = \mathbf{3758,42 \text{ €/año}}$$

- **Costes de las perforaciones para los sondeos**

El coste de las perforaciones es una de las partes más costosas de la instalación y puede ser bastante variable, dependiendo de los materiales del subsuelo a perforar. El coste medio suele estar sobre los 40 €/m lineal de perforación. Hay que tener en cuenta también todos los costes asociados a las perforaciones:

- Transporte, montaje, desmontaje y retirada de equipo completo para la perforación, inyección y colocación de sondas geotérmicas.
- Suministro de mortero geotérmico de alta conductividad.
- Sonda geotérmica PE-Xa sin unión.
- Conexión horizontal desde las perforaciones a la sala de calderas
- Líquido anticongelante para el circuito de intercambiadores.
- Costes de proyecto técnico por Ingeniero de Minas para la ejecución de los sondeos.

Estos costes asociados suelen añadir alrededor de unos 15€/m al coste total de las perforaciones, por ese motivo se realizarán los cálculos de costes de perforaciones con un valor de 55€/m lineal de perforación.

$$\text{Costes de las perforaciones} = 55\text{€/m} * 1.100\text{m} = \mathbf{60.500\text{€}}$$

- **Coste total de la instalación**

CONCEPTO	IMPORTE
Bomba de calor reversible	7016,59 €
Deposito de inercia 300l	549,99 €
Acumulador ACS con resistencia interna 300l	1039,99 €
Perforaciones y costes asociados	60.500,00 €
Construcción sala de calderas	3.500,00 €
Kit wifi para control remoto	199,00 €
Legalización sala de calderas	250,00 €
Equipos de control, regulación, bombas de recirculación y accesorios	3.200,00 €
Equipos terminales, accesorios y instalación	10.000,00 €
Costes de mantenimiento (10 primeros años)	2.000,00 €
Imprevistos (5%)	4.362,78 €
Total	92618,35 €

Tabla 4: tabla de costes de la instalación separados por concepto y importes

A la hora de calcular los costes de la instalación, una de las cosas a tener en cuenta es que, al considerarse la geotermia como una energía renovable, pueden existir líneas de ayuda que pueden llegar a reducir los costes totales de la instalación.

5.6. Presupuesto y estudio de viabilidad de la instalación propuesta

En la siguiente tabla se desglosa el presupuesto final del proyecto.

CONCEPTO	IMPORTE
Ingeniero del proyecto	10.000,00 €
Coste total de la instalación	92.618,35 €
Permisos de obras	2.000,00 €
Costes de la constructora (mano de obra y beneficios)	15.000,00 €
Total	119.618,35 €
Impuestos (IVA 21%)	25.119,85 €
Total + IVA	144.738,20 €

Tabla 5: Presupuesto total de la instalación

Para conocer la viabilidad del proyecto y el tiempo de amortización, compararemos los costes de la actual instalación con los costes de la instalación propuesta.

Sabemos que la electricidad que consumen los equipos de refrigeración, que se instalan en la zona del *padock* en caso de demanda, no procede en su totalidad de la red, sino que se utilizan generadores que funcionan con combustibles fósiles para abastecer de energía los equipos durante los picos de consumo. Para simplificar los cálculos, debido a que no se ha podido conocer el porcentaje de energía que proviene de cada fuente, se considerará el 100% de consumo directo de la red. Por lo tanto, los costes actuales asociados a climatización y ACS son de 15.571,17€, según los datos de consumo calculados en el apartado 5.1.

Los costes de consumo de la bomba de calor son de 3758,42€.

Al realizar los cálculos, se ha aplicado una tasa de incremento del consumo del 5% debido a que se prevé: un aumento de consumo debido a una mayor ocupación del circuito, una posible ligera disminución de rendimiento en los equipos, así como un incremento en el precio del kWh eléctrico.

En la siguiente tabla podemos ver cual será el periodo de amortización de la instalación.

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	-144.738,20 €	-	-	-	-	-
Coste de consumo actual	-	15571,17 €	16349,73 €	16513,23 €	16678,36 €	16845,14 €
Coste de consumo geotermia	-	3758,42 €	3871,17 €	4064,73 €	4105,38 €	4146,43 €
Costes de mantenimiento	-	-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €
Flujo de caja con instalación actual	-	15571,17 €	31920,90 €	48434,12 €	65112,48 €	81957,62 €
Flujo de caja con geotermia	144.738,20 €	148696,62 €	152567,79 €	156632,52 €	160737,90 €	164884,33 €
Recuperación	-144.738,20 €	-133125,45 €	-120646,89 €	-108198,40 €	-95625,42 €	-82926,71 €

Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
-	-	-	-	-			
17013,59 €	17183,73 €	17355,57 €	17529,12 €	17704,41 €	17881,46 €	18060,27 €	18240,87 €
4187,90 €	4229,78 €	4272,07 €	4314,79 €	4357,94 €	4401,52 €	4445,54 €	4489,99 €
-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €	-200,00 €	-500,00 €	-200,00 €	-200,00 €
98971,22 €	116154,95 €	133510,51 €	151039,63 €	168744,05 €	186625,50 €	204685,78 €	222926,65 €
169072,23 €	173302,01 €	177574,08 €	181888,87 €	186246,82 €	190648,34 €	195093,87 €	199583,87 €
-70101,01 €	-57147,06 €	-44063,57 €	-30849,24 €	-17502,77 €	-4022,83 €	9591,90 €	23342,78 €

Tabla 6: tabla de amortización

Podemos comprobar que la instalación se amortizara en 11 años. Este tiempo se podría reducir si la electricidad que consume la bomba de calor proviene de paneles fotovoltaicos, por ejemplo, o si se aislaran debidamente las edificaciones a climatizar.

Este tiempo es aproximado debido a que por falta de datos se han aproximado algunos valores en los cálculos, por lo tanto, este valor podría oscilar entre los 9-12 años.

5.7. Diagrama de Gantt

Se ha estructurado el proyecto en diferentes fases y se ha asignado un tiempo en el que estas se deben realizar. Se han incluido las fases realizadas durante este proyecto de color verde y las fases posteriores que deberían llevarse a cabo en caso de que el proyecto se materializara en color amarillo.

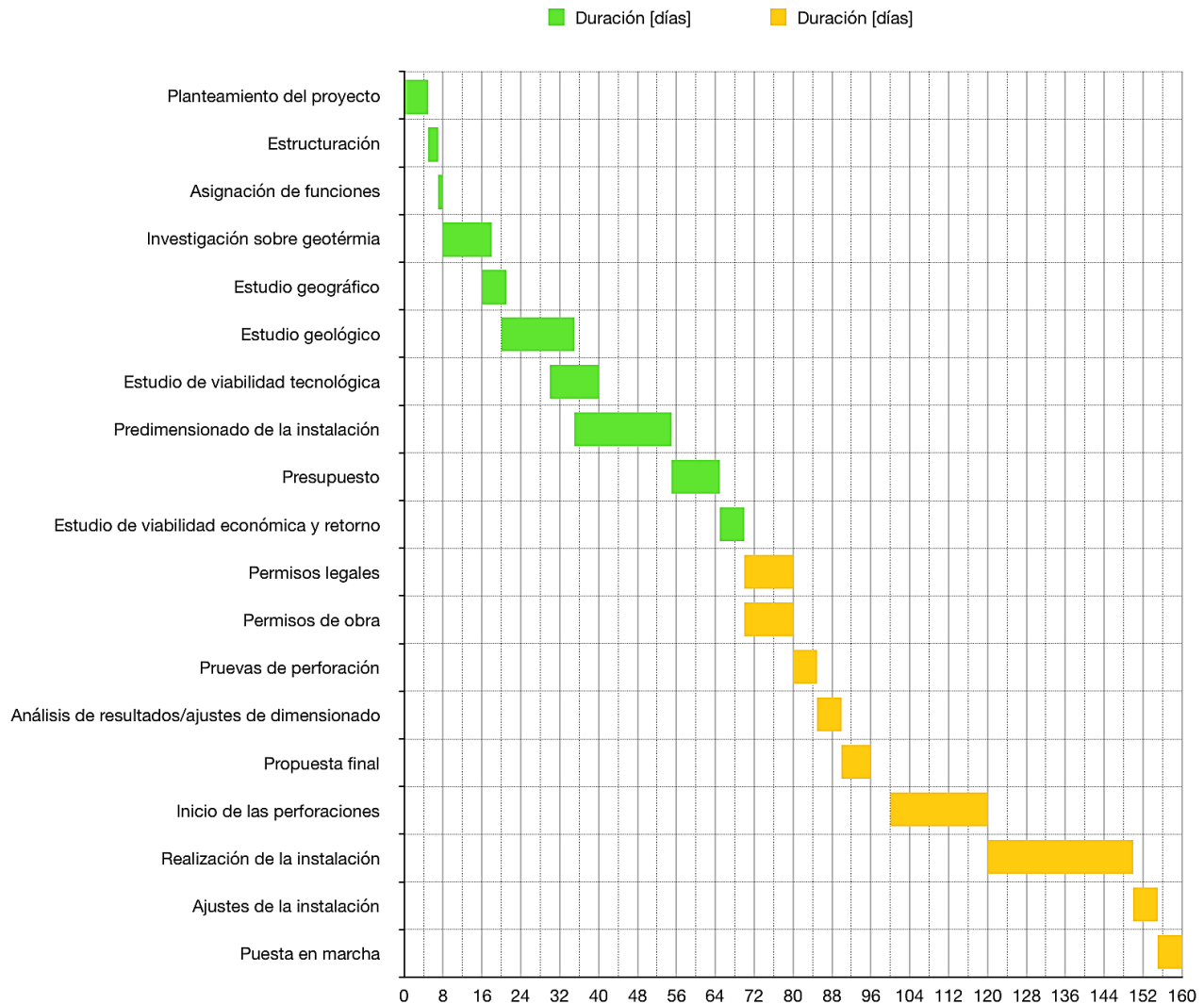


Gráfico 1: diagrama de Gantt del proyecto

6. LEGISLACIÓN ACTUAL

Sabemos que el marco legal referente a energías renovables sigue evolucionando constantemente, debido a que la conciencia sobre el cambio climático está cada vez más presente y los recursos que permiten mejorar en este sector siguen creciendo.

La normativa y legislación actual en materia de energías renovables y geotérmica a tener en cuenta es la siguiente:

a) Directiva 2009/28/CE, de energías renovables [1]*

Establece unos objetivos para conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía tanto en la Unión Europea como en España, y una cuota mínima de 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo del sector transporte todos los estados miembros de la UE para el año 2020.

b) Directiva 2010/31/UE, relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE) [2]*

Esta establece que los edificios residenciales de nueva construcción, de oficinas y servicios en la Unión Europea, deberán ser de energía casi cero (NZEB) a partir de 2020.

c) CTE DB HE (Ahorro de energía). HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas [3]*

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

d) Real Decreto 1027/2007, donde se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [4]*

Establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones de climatización y ACS para conseguir un uso racional de la energía.

e) Directriz VDI 4640 “THERMAL USE OF THE UNDEERGROUND” [5]*

Señala unas reglas para el dimensionamiento de las instalaciones geotérmicas con bomba de calor.

*consultar la webgrafía complementaria para ampliar información

7. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental que produce la energía geotérmica de manera directa es prácticamente nulo, debido a que no se produce ninguna combustión durante el proceso que emita sustancias nocivas para el medio ambiente.

Actualmente el circuito usa generadores de electricidad que utilizan combustibles fósiles para generar electricidad en momentos donde hay picos de demanda muy alta de energía. El impacto negativo generado por estas emisiones se vería muy reducido por esta instalación, debido a que no sería necesario utilizar la red eléctrica para abastecer las unidades de climatización.

Estas unidades generadoras emiten también un gran nivel de contaminación acústica, y en cambio, las bombas de calor geotérmicas no generan ruido y se situarían en una sala de calderas cerrada y fija, la cual cosa liberaría espacio útil en la zona del *padock* y minimizaría el ruido.

Para reducir el impacto ambiental directo de la instalación, sería ideal utilizar electricidad que proceda de una fuente de energía renovable, como por ejemplo energía solar fotovoltaica.

La contaminación a nivel visual es muy baja. En este caso, será necesario construir una sala de calderas que podría afectar a la imagen actual del circuito, aunque si se construye siguiendo la misma línea arquitectónica, su impacto visual será casi inapreciable.

Al haber utilizado un sistema de intercambiadores cerrado, el riesgo de contaminación de aguas subterráneas disminuye prácticamente a 0, ya que las probabilidades de que se produzca una fuga en el sistema son muy bajas.

Hay otros aspectos que también influyen en la huella ecológica del proyecto, como: los materiales y las emisiones indirectas que conlleva usarlos, la maquinaria necesaria para realizar las perforaciones y trasladar los materiales hasta el lugar donde se realizara la instalación, ya que utilizan combustibles fósiles para funcionar, y la capacidad de reciclaje de los materiales utilizados, ya que aunque la instalación pueda tener una vida útil larga, es importante tener en cuenta que en un futuro la instalación deberá renovarse o desmontarse y generara una cantidad de residuos que también tendrán impacto negativo en el medioambiente si no pueden ser reciclados.

CONCLUSIÓN

Una vez realizado el proyecto se han podido extraer las siguientes conclusiones al respecto.

La zona donde está situado el Parcmotor, goza de buenas condiciones para instalar un sistema de climatización por bomba de calor geotérmica. El subsuelo tiene capacidad suficiente para abastecer al sistema, con una temperatura media anual a 100m de profundidad bastante alta, y sin un régimen de temperaturas muy extremo a lo largo del año.

Se ha podido observar que para realizar un buen dimensionado de la instalación, es necesario disponer de muchos más datos, tanto de las condiciones del terreno como de las edificaciones donde se realizara la instalación. En este proyecto solo se han podido realizar cálculos de dimensionado de forma aproximada, pero es muy importante, si la instalación se quiere materializar, realizar cálculos muy precisos para evitar sobredimensionados que afectarían negativamente al rendimiento de la instalación. Esto nos ha demostrado que es muy necesario individualizar cada proyecto, debido a que la envolvente de la edificación o sus usos pueden ser muy diferentes y tener necesidades muy distintas.

A modo resolutivo, podemos decir que se ha conseguido verificar la viabilidad de la instalación de un sistema de climatización y ACS mediante energía geotérmica en el Parcmotor de Castellolí. Después de realizar los pertinentes análisis geológicos y geotérmicos teóricos de la zona, se ha podido comprobar que existe potencial geotérmico suficiente para realizar una instalación de geotermia eficiente y viable económicamente.

Se recomienda considerar en un futuro próximo la instalación de un sistema de climatización y ACS geotérmico en el Circuito Parcmotor de Castellolí, ya que eso incrementaría los beneficios del circuito una vez amortizada la instalación y contribuiría a reducir su huella ecológica y conservar el medioambiente.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias en primer lugar a mi tutor Emilio Hernandez, por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo, proponiéndome el estudio realizado y dándome soporte durante la realización del trabajo.

Agradecer tanto a Antonio Aguilera como a Gemma Moreno de Campus Motor Anoia por mostrarme sus instalaciones de geotermia y explicarme el funcionamiento de estas, así como los pros y los contras de tener una instalación de energía geotérmica.

Agradecer al arquitecto Pere Puig por facilitarme información sobre las instalaciones de climatización y ACS del Campus Motor Anoia.




WEBGRAFÍA

- <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/geotermia/bomba-de-calor-geotermica-funcionamiento-instalacion.html>
- http://www1.igc.cat/bd/icgc_geoindex_v_sols.pdf
- <http://clickrenovables.com/blog/geotermia-todo-lo-que-necesitas-saber-antes-de-realizar-una-instalacion/>
- <http://www.grupovisiona.com/es/geotermia/tipos%20de%20captación%20geotérmica>
- <http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-es-un-fan-coil-y-como-funciona/>
- <http://www.grupovisiona.com/es/geotermia/tipos-geotermia>
- http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjZ_66ag6XZAhWiDsAKHfTsBCkQFgg0MAE&url=http%3A%2F%2Fwww.renewableenergyworld.com%2Fgeothermal-energy%2Ftech.html&usg=AOvVaw2lweuuzibZ7WWT8H9qFBb8
- <http://www.heatunderyourfeet.eu/>
- <http://energyblog.nationalgeographic.com/2013/09/17/10-myths-about-geothermal-heating-and-cooling/>
- <http://www.originalgeotermia.com/faq-preguntas-geotermia.cfm/ID/1798/F/1750/ESP/hi-ha-subsencions-a-instal%C2%B7lacions-geotermia-.htm>
- <http://icaen.gencat.cat/es/energia/renovables/geotermica/tipus/>
- http://territori.gencat.cat/es/detalls/Article/ICGC_geotermia
- <https://nergiza.com/como-hacer-un-calculo-de-cargas-termicas-de-calefacccion-y-refrigeracion/>
- <https://es.slideshare.net/testgrupocomex/u-d-02sondas-geotrmicas>
- <https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-acs-certificado-energetico>
- <https://www.vaillant.es/downloads/nuevos/geotherm-vws-400v-0020051542-01-mi-249807.pdf>
- <http://construye2020.eu/plataforma-sobre-formacion-profesional/recurso-de-formacion/instalaciones-geotermia/descarga>
- <http://www.igme.es/geotermia/masinform.htm>
- <https://www.geotermiavertical.es/precios-orientativos/>
- http://www.airlan.es/wp-content/uploads/2017/07/WRL-REV-LA-2017_07_v1.pdf

Webgrafía complementaria

- [1] [<https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>, 07/09/2018]
- [2] [<https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>, 07/09/2018]
- [3] [<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>, 07/09/2018]
- [4] [<http://canalempresa.gencat.cat/permalink/65b16b76-73f7-11e4-a49e-cbfd07b69f1e>, , 07/09/2018]
- [5] [http://www.vdi.eu/nc/guidelines/vdi_4640_blat_2-thermische_nutzung_des_untergrundes_erdekoppelte_waermepumpenanlagen_/, 07/09/2018]

ANEXO I

Símbol	Epígraf	Règim de temperatura dels sòls <i>Soil Taxonomy (SSS, 1999)</i>	Descripció
	C/F	Críic/Frígíd	Els règims de temperatura críic i frígíd tenen lloc a les àrees on la temperatura mitjana anual del sòls és menor a 8 °C.
	M	Mèsic	El règim de temperatura mèsic caracteritza les àrees on la temperatura mitjan anual dels sòls varia entre 8 i 15 °C.
	T	Tèrmic	El règim de temperatura tèrmic és el típic de les àrees que presenten una temperatura mitjana anual dels sòls a 50 cm de profunditat superior a 15 °C.

Leyenda I.1: mapa de régimen de temperaturas de suelos. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Mapas de características geotérmicas

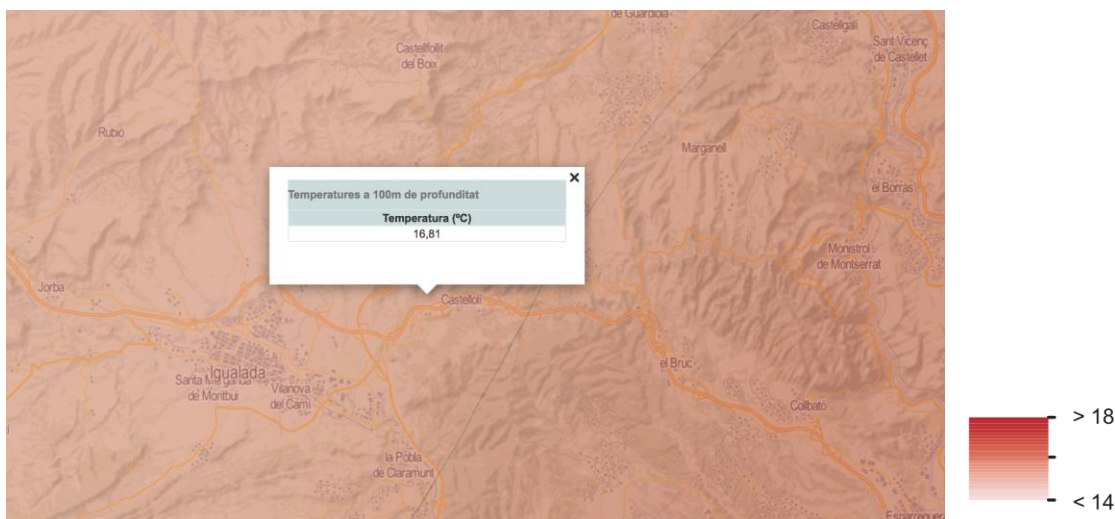


Figura I.1: Mapa de temperaturas a 100m de profundidad. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

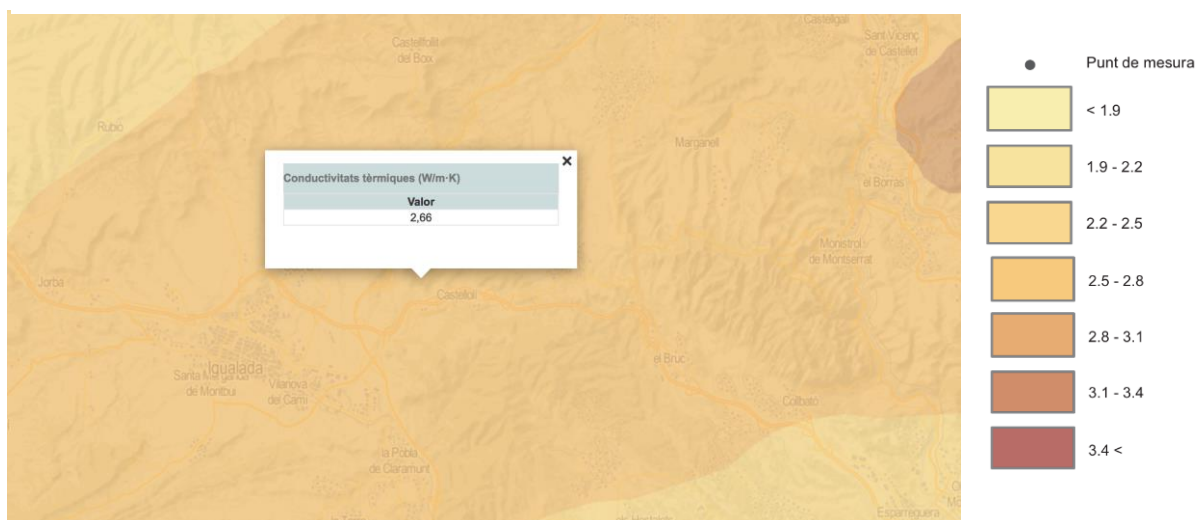


Figura I.2: Mapa de conductividades térmicas. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

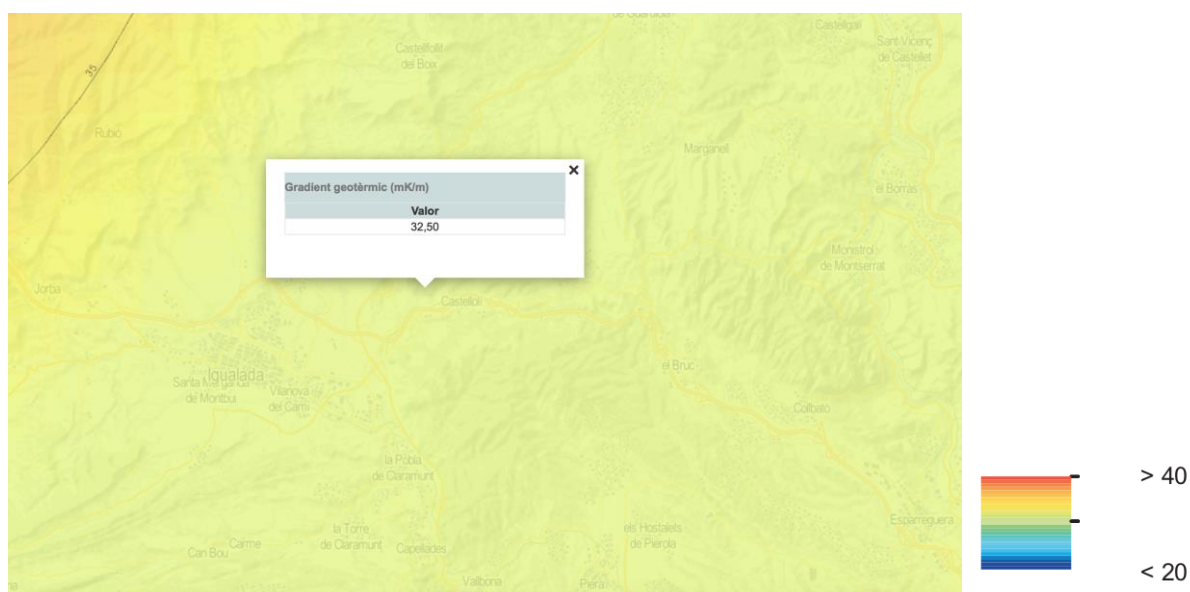


Figura I.3: Mapa de gradiente geotérmico. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

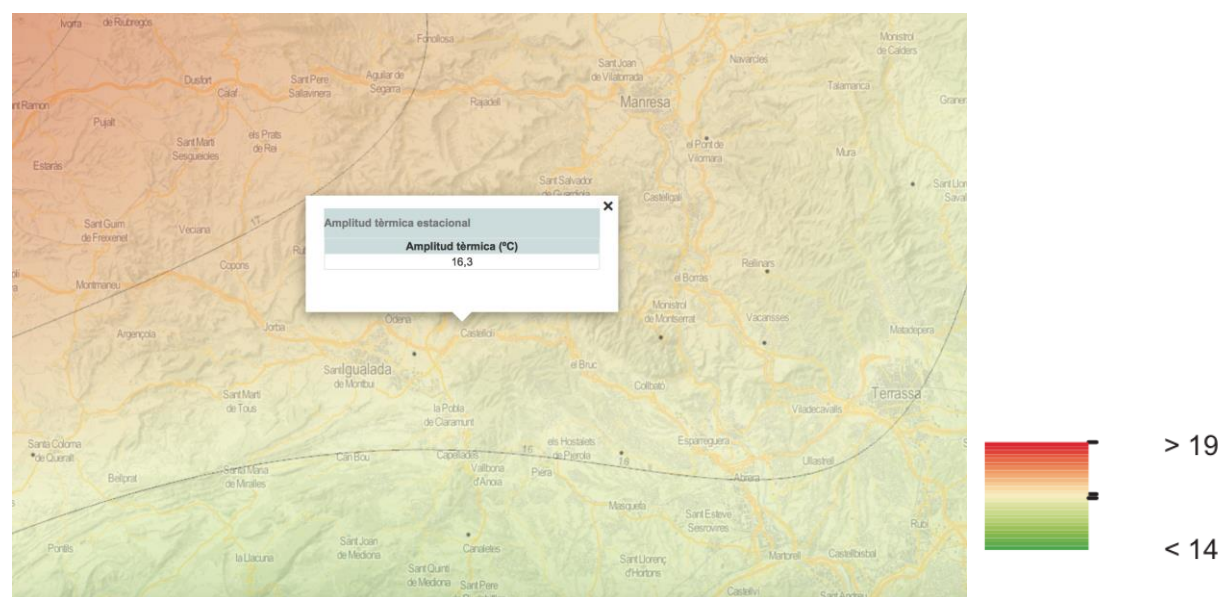


Figura I.4: Mapa de amplitud térmica estacional. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

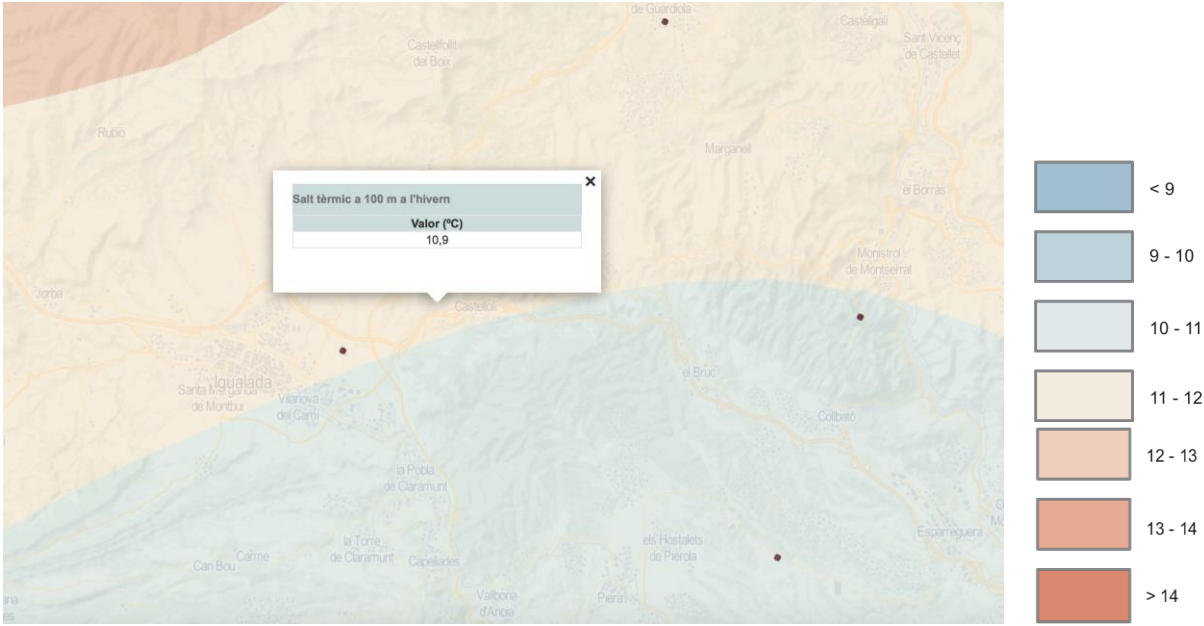


Figura I.5: Mapa de salto térmico a 100m en invierno. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

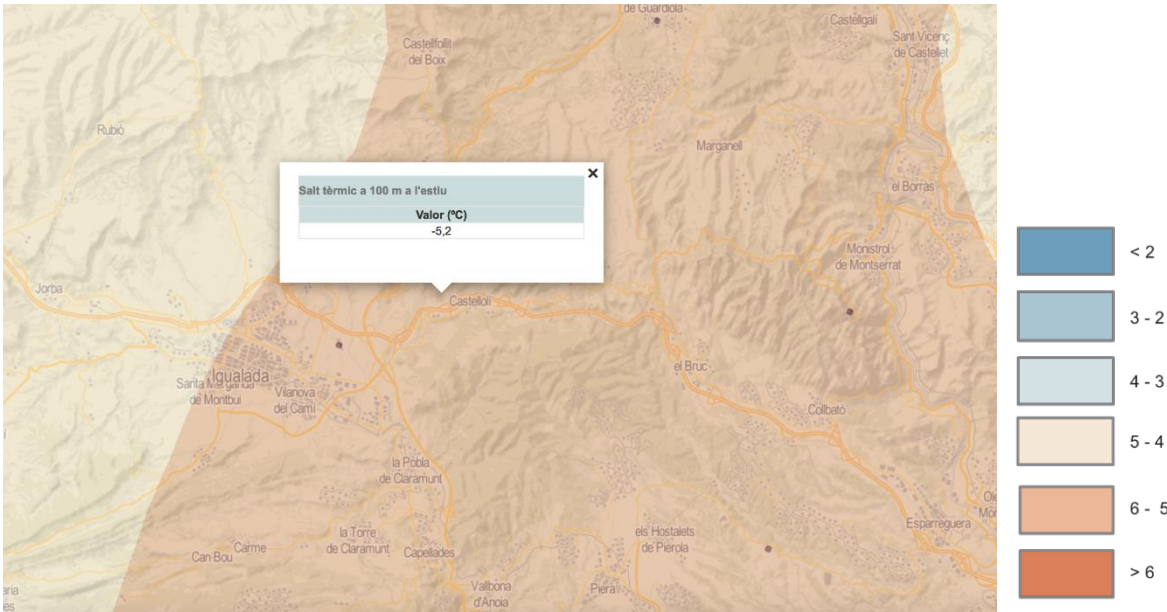
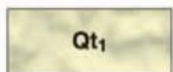


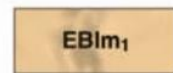
Figura I.6: Mapa de salto térmico a 100m en verano. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.



Graves, sorres i llims. Intercalació de nivells lenticulars de graves i trams de llims amb graves disperses amb tendència granodecreixent. Les graves són sempre ben rodades, polimíctiques i tenen matriu de llims sorrenca vermellósos, marrons o grisos. Presenten estratificació encreuada planar o en solc i es disposen en nivells lenticulars amb base erosiva. Els llims són sorrenca, vermellósos o marrons, poc plàstics i inclouen graves disperses o en nivells. També hi ha trams de sorres llimoses marrons de gra mitjà a groller. El grau de cimentació és molt variable, des de baix fins a formar crostes de gruix decimètric fortament cimentades per carbonat de calci atribuïbles a processos edàfics antics. Sovint, al sostre de la unitat hi ha un tram fortament cimentat. La unitat es disposa discordantment sobre el basament. La potència varia de 10 a 20 metres. S'interpreta com fàcies de ventall al·luvial corresponent al nivell 4 del Quaternari. La seva edat estimada és Plistocè superior.



Graves, sorres i llims. A la base de la unitat dominen les graves polimíctiques amb matriu sorrenca que, cap a sostre i de manera transicional, passen a sorres grolleres amb graves disperses i, finalment, a llims sorrenca amb alguna filada lenticular de gravetes. El grau de cimentació de la unitat és nul i presenta coloració marró o grisenc, i més vermellós a la zona de Maïans. S'han localitzat dipòsits a les rieres de Marganell, de Castellolí i en alguns torrents del vessant sud de Montserrat i de la zona compresa entre Maïans i la urbanització de Montserrat Parc. El gruix s'estima entre 2 i 6 metres i se situa entre 2 i 5 metres sobre el nivell fluvial actual. Correspon a la terrassa 1 de les rieres de Marganell, Castellolí i els seus afluents. La seva edat és atribuïble a l'Holocè.



Bartonià

Margues blaves. La unitat és formada per margues de potència hectomètrica. Són de color gris blavós, massives i presenten intercalacions de capes centimètriques de llims i gresos de color gris. Les margues no contenen fauna visible, únicament en els trams gresosos hi ha presència de fragments de gasteròpodes, equínids i bivalves. La unitat aflora al sector SW del full i assoleix un gruix de 300 metres. El límit superior de la unitat se suposa concordant amb la unitat EBlm₂ i passa lateralment a la unitat EBgm₁. Al Turó de l'Àvia s'ha reconegut un olistòlit de la unitat Tm₁ dintre aquesta unitat. S'interpreta com a fàcies de prodelta. S'atribueix al Bartonià.

Leyenda 1.2: leyenda de mapa geológico 1:25000. Castellolí.

ANEXO II

Plaza de la Cruz 16



Figura II.1: Acumuladores de agua caliente procedente de las bombas de calor y de las placas solares térmicas.



Figura II.2: Regulador de resistencia interna del acumulador central para mantener o calentar ligeramente el agua.



Figura II.3: Bombas de calor geotérmicas reversibles.

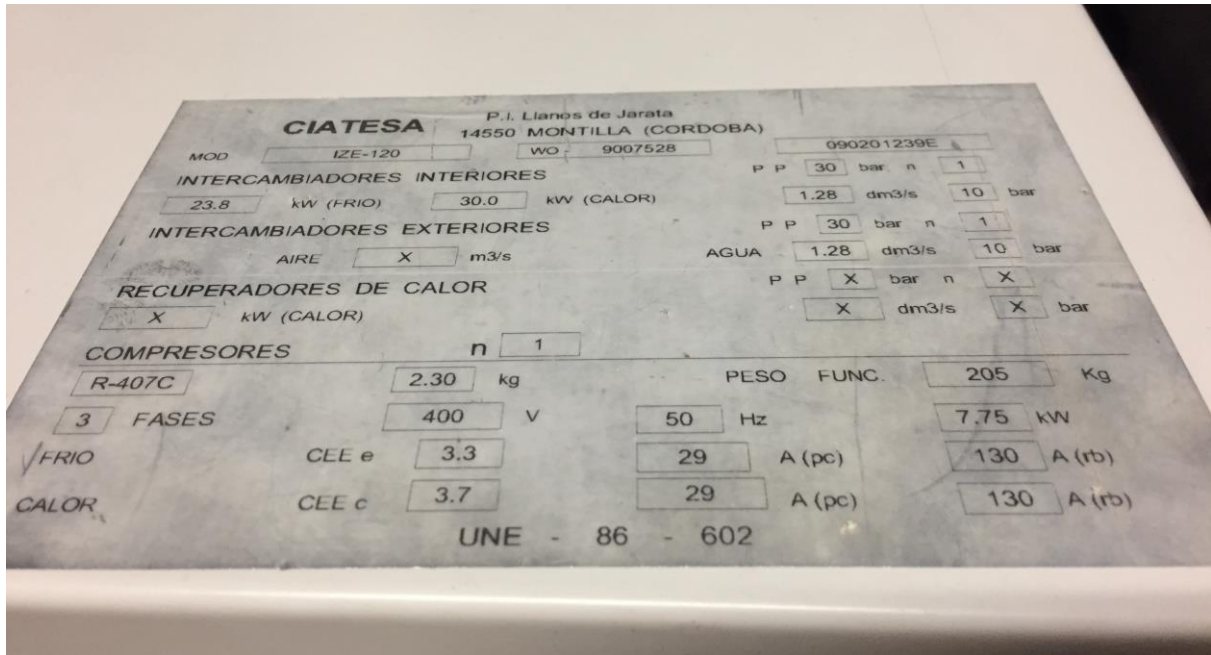


Figura II.4: Placa de especificaciones técnicas de una de las bombas de calor.



Figura II.5: Panel de control y información a tiempo real de la instalación.



Figura II.6: Válvulas de paso de los intercambiadores verticales.



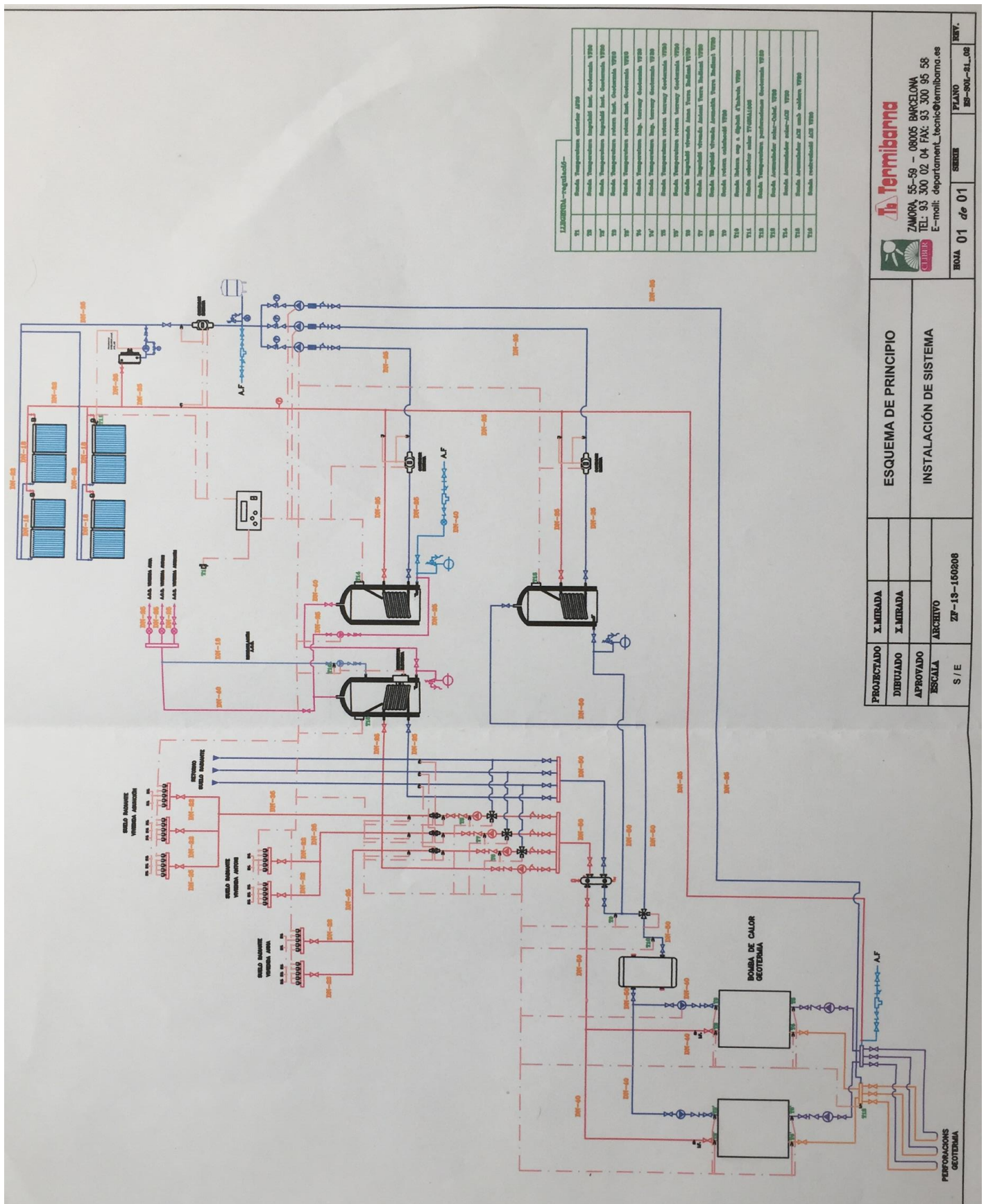
Figura II.7: Panel de información a tiempo real de la instalación.



Figura II.8: Panel de interruptores para controlar distintos parámetros de la instalación.



Figura II.9: Depósito de inercia térmica para las bombas de calor geotérmicas.



Plano II.1: esquema de principio de instalación del sistema de energía geotérmica y solar térmica de la Plaza de la Cruz 16

Campus Motor Anoia



Figura II.10: equipo contra incendios y grupo de control de presión



Figura II.11: válvulas de cierre manual de los colectores de pozos geotérmicos, entrada de agua de la red y fluidos procedentes de la bomba de calor aire-agua.



Figura II.12: placa de especificaciones técnicas de la BC-1

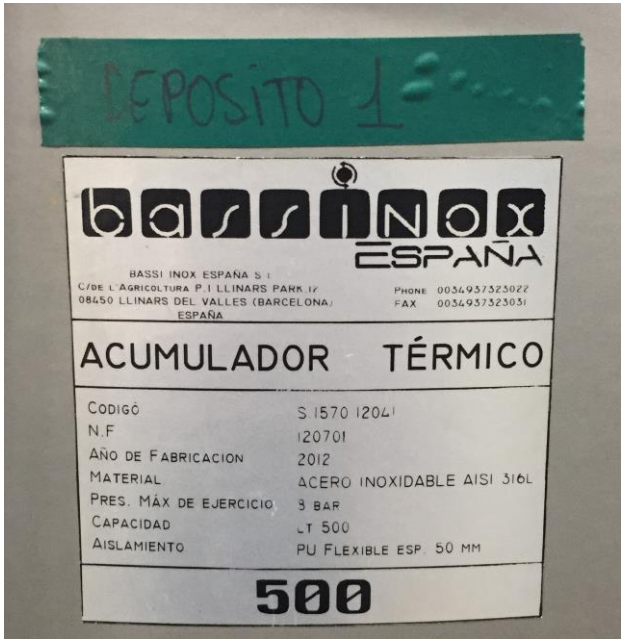


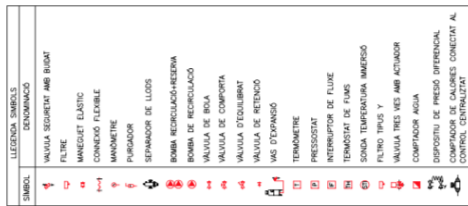
Figura II.13: : placa de especificaciones del acumulador térmico 1



Figura II.14: acumulador térmico 1



Figura II.15: depósito de inercia térmica



REF.	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PES		REFERENCIAL		LUGARES DE MEDICION	
		LARGO	ANCHO	ALT.	KG	NO	RENTAL	CALET	TOTAL	TOTAL
		MM	MM	MM	KG		CM ²	CM ²	%	%
		1.120	845	1.380	378	0	36.800	66.400	18.130	
BC-1	MONO DE CALOR MEDIO 3	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-2	MONO DE CALOR MEDIO 2	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-3	MONO DE CALOR MEDIO 1	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-4	MONO DE CALOR MEDIO 4	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-5	MONO DE CALOR MEDIO 5	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-6	MONO DE CALOR MEDIO 6	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-7	MONO DE CALOR MEDIO 7	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-8	MONO DE CALOR MEDIO 8	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-9	MONO DE CALOR MEDIO 9	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-10	MONO DE CALOR MEDIO 10	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-11	MONO DE CALOR MEDIO 11	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-12	MONO DE CALOR MEDIO 12	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-13	MONO DE CALOR MEDIO 13	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-14	MONO DE CALOR MEDIO 14	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-15	MONO DE CALOR MEDIO 15	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-16	MONO DE CALOR MEDIO 16	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-17	MONO DE CALOR MEDIO 17	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-18	MONO DE CALOR MEDIO 18	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-19	MONO DE CALOR MEDIO 19	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-20	MONO DE CALOR MEDIO 20	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-21	MONO DE CALOR MEDIO 21	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-22	MONO DE CALOR MEDIO 22	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-23	MONO DE CALOR MEDIO 23	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-24	MONO DE CALOR MEDIO 24	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-25	MONO DE CALOR MEDIO 25	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-26	MONO DE CALOR MEDIO 26	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-27	MONO DE CALOR MEDIO 27	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-28	MONO DE CALOR MEDIO 28	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-29	MONO DE CALOR MEDIO 29	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-30	MONO DE CALOR MEDIO 30	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-31	MONO DE CALOR MEDIO 31	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-32	MONO DE CALOR MEDIO 32	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-33	MONO DE CALOR MEDIO 33	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-34	MONO DE CALOR MEDIO 34	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-35	MONO DE CALOR MEDIO 35	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-36	MONO DE CALOR MEDIO 36	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-37	MONO DE CALOR MEDIO 37	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-38	MONO DE CALOR MEDIO 38	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-39	MONO DE CALOR MEDIO 39	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-40	MONO DE CALOR MEDIO 40	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-41	MONO DE CALOR MEDIO 41	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-42	MONO DE CALOR MEDIO 42	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-43	MONO DE CALOR MEDIO 43	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-44	MONO DE CALOR MEDIO 44	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-45	MONO DE CALOR MEDIO 45	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-46	MONO DE CALOR MEDIO 46	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-47	MONO DE CALOR MEDIO 47	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-48	MONO DE CALOR MEDIO 48	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-49	MONO DE CALOR MEDIO 49	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-50	MONO DE CALOR MEDIO 50	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-51	MONO DE CALOR MEDIO 51	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-52	MONO DE CALOR MEDIO 52	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-53	MONO DE CALOR MEDIO 53	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-54	MONO DE CALOR MEDIO 54	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-55	MONO DE CALOR MEDIO 55	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-56	MONO DE CALOR MEDIO 56	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-57	MONO DE CALOR MEDIO 57	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-58	MONO DE CALOR MEDIO 58	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-59	MONO DE CALOR MEDIO 59	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-60	MONO DE CALOR MEDIO 60	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-61	MONO DE CALOR MEDIO 61	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-62	MONO DE CALOR MEDIO 62	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-63	MONO DE CALOR MEDIO 63	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-64	MONO DE CALOR MEDIO 64	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-65	MONO DE CALOR MEDIO 65	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-66	MONO DE CALOR MEDIO 66	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-67	MONO DE CALOR MEDIO 67	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-68	MONO DE CALOR MEDIO 68	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-69	MONO DE CALOR MEDIO 69	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-70	MONO DE CALOR MEDIO 70	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-71	MONO DE CALOR MEDIO 71	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-72	MONO DE CALOR MEDIO 72	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-73	MONO DE CALOR MEDIO 73	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-74	MONO DE CALOR MEDIO 74	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-75	MONO DE CALOR MEDIO 75	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-76	MONO DE CALOR MEDIO 76	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-77	MONO DE CALOR MEDIO 77	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-78	MONO DE CALOR MEDIO 78	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-79	MONO DE CALOR MEDIO 79	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-80	MONO DE CALOR MEDIO 80	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-81	MONO DE CALOR MEDIO 81	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-82	MONO DE CALOR MEDIO 82	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-83	MONO DE CALOR MEDIO 83	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-84	MONO DE CALOR MEDIO 84	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-85	MONO DE CALOR MEDIO 85	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-86	MONO DE CALOR MEDIO 86	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-87	MONO DE CALOR MEDIO 87	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-88	MONO DE CALOR MEDIO 88	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-89	MONO DE CALOR MEDIO 89	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-90	MONO DE CALOR MEDIO 90	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-91	MONO DE CALOR MEDIO 91	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-92	MONO DE CALOR MEDIO 92	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-93	MONO DE CALOR MEDIO 93	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-94	MONO DE CALOR MEDIO 94	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-95	MONO DE CALOR MEDIO 95	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-96	MONO DE CALOR MEDIO 96	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-97	MONO DE CALOR MEDIO 97	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-98	MONO DE CALOR MEDIO 98	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-99	MONO DE CALOR MEDIO 99	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	
BC-100	MONO DE CALOR MEDIO 100	2.019	845	1.380	532	0	94.800	102.840	25.240	

[illegible]

Títol del treball

**PROJECTE D'EDIFICACIÓ
DEL CAMPUS DEL MOTOR DE L'ANOIA
FASE 2**

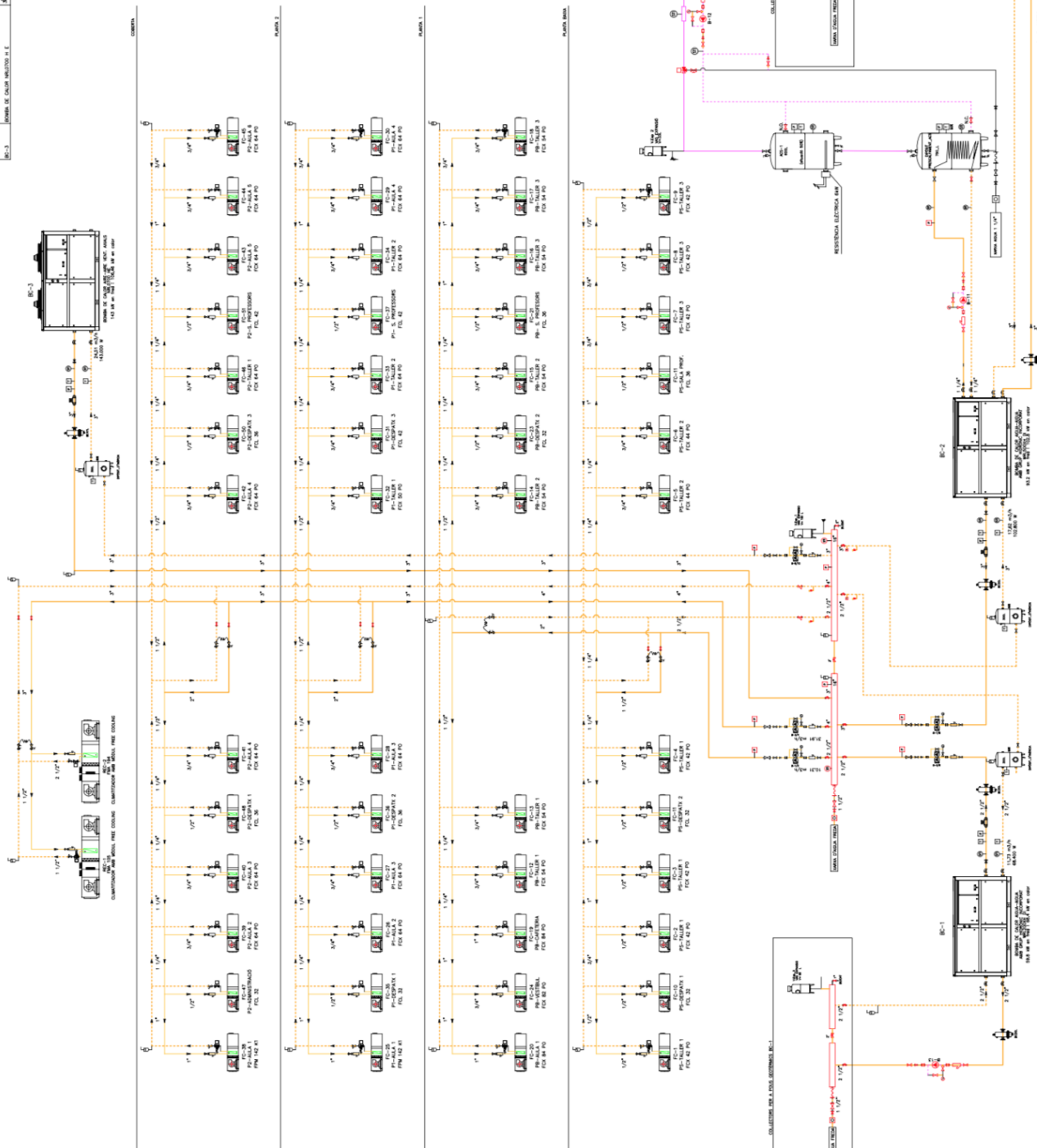
Títol del projecte

INSIAL-LACIO DE CI
VENTILACIÓ

Data	Julio 2011
Escala	1
Nom plànol	IC-9
Nom arxius	IC

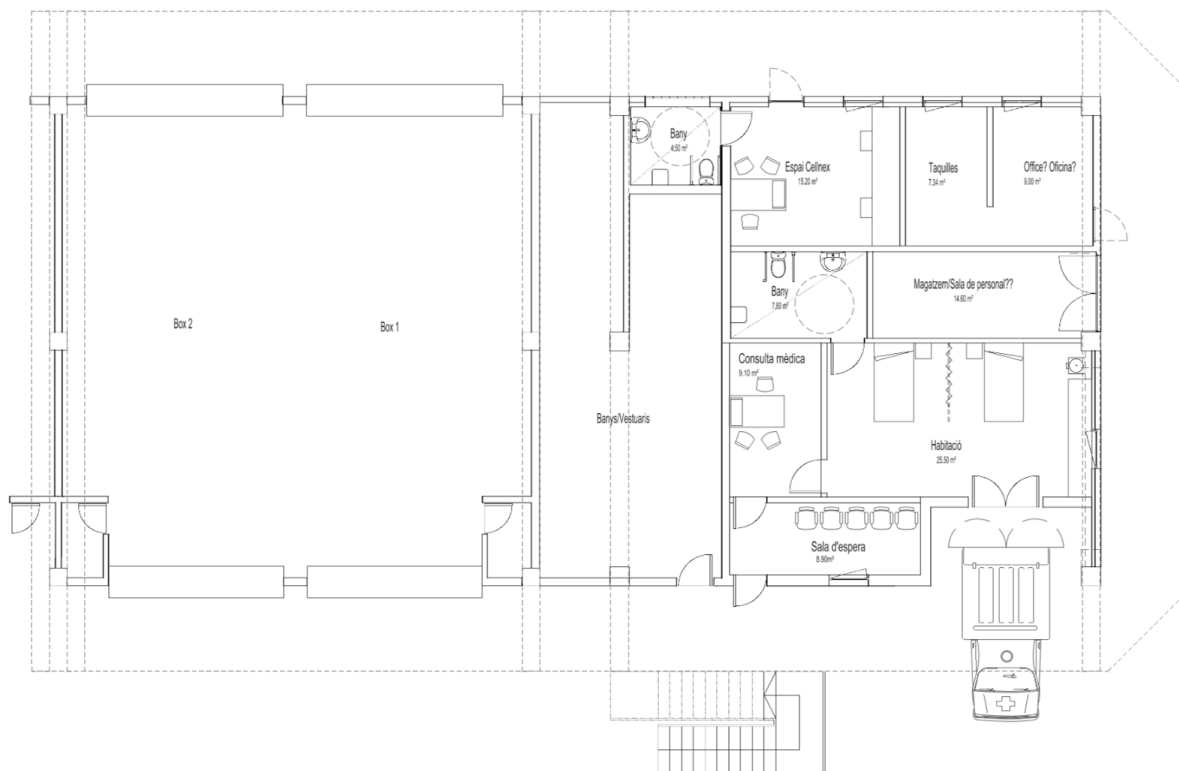
Redacció: **PERE PUIG, ARQUITECTE**
Aprovaació: **Organ Comarcal**

Signal



Plano II.2: esquema de instalación de clima y ventilación de Campus Motor Anóia

ANEXO III



Plano III.1: plano escala 1:100 de la clínica, baños y vestuarios de Boxes, espacio Cellnex y oficinas de boxes y Boxes 1 y 2.

Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica



WRL
180/650
REVERSIBLE
LADO AGUA

R410A



Aermec
participa en el Programa
EUROVENT LCP
Los productos correspondientes
figuran en el sitio web
www.eurovent-certification.com



PGD1
Panel remoto simplificado
ACCESSORIO

Enfriadoras reversibles
Agua/Agua con compresores scroll intercambiadores de placas
Rendimiento frigorífico de 50÷173kW
Rendimiento térmico de 51÷184kW



- **ELEVADAS EFICIENCIAS**
- **POSIBILIDAD DE TENER:**
RECUPERACIÓN DE CALOR PARCIAL
PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE HASTA 55 °C
- **UTILIZABLES PARA APLICACIONES GEOTÉRMICAS**

Características

WRL es la gama de enfriadoras condensadas por agua que funcionan con refrigerante R410A. Son unidades para interiores con compresores herméticos scroll que satisfacen perfectamente las exigencias del mercado: dimensiones reducidas, facilidad de instalación, baja ruidosidad.

Elevadas eficiencias

Aermec diseñó estas unidades perfeccionando su funcionamiento en bomba de calor, permitiendo alcanzar rendimientos elevados y bajos consumos.

Conexiones

Las conexiones eléctricas e hidráulicas están colocadas en la parte superior de la unidad para facilitar las operaciones de instalación y mantenimiento. Esto también permite disminuir los espacios técnicos y su colocación en el menor espacio posible.

Silenciosidad

Las unidades WRL se caracterizan por la silenciosidad de funcionamiento. Una insonorización atenta de la unidad con adecuado

material fonoabsorbente confiere niveles bajos de ruidosidad a todas las unidades.

Setpoint dinámico

Gracias al uso de una regulación electrónica de última generación y al uso de una sonda de temperatura de aire exterior (accesorio), la bomba de calor puede adaptar la temperatura del agua producida con el variar de las condiciones climáticas incrementando la eficiencia energética del sistema.

Ventajas

Gracias a las tecnologías utilizadas, siempre orientadas a la máxima calidad y al uso de las tecnologías más innovadoras, la serie WRL es capaz de garantizar, además de la máxima eficiencia energética, una completa facilidad de instalación y una versatilidad de empleo dirigida al uso de fuentes alternativas.

Versión

- **WRL_*** Reversible lado agua.
- **WRL_K** Reversible lado agua con una baja pérdida de carga en el evaporador.
- **WRL_E** Motoevaporador.

Características técnicas

- Estructura y base de chapa galvanizada en caliente y pintada con polvos epoxídicos. (RAL 9002).
- Intercambiadores de placas de grandes dimensiones.
- Compresores de elevado rendimiento y baja absorción eléctrica.
- Flujómetro de serie.
- En conformidad con las directivas acerca de la seguridad (CE) y con la directiva de compatibilidad electromagnética.
- El seccionador de bloqueo de la puerta instalado en el cuadro eléctrico y las protecciones activas en los componentes principales garantizan la seguridad del equipo.
- Mando accesible desde el exterior, con la interfaz de usuario en la pantalla, visualización de todos los parámetros de funcionamiento en 4 idiomas.
- Regulación electrónica de última generación.
- Panel de mando remoto fácil de usar con señalización de alarmas.

Datos técnicos

Modelo WRL * standard		180*	200*	300*	400*	500*	550*	600*	650*
Rendimiento frigorífico (3)	kW	50	64	74	86	100	129	150	168
Potencia absorbida total (3)	kW	10,95	14,52	16,91	18,34	20,51	26,96	30,98	35,73
E.E.R. (3)	WW	4,52	4,42	4,39	4,67	4,86	4,79	4,83	4,71
E.S.E.E.R.	-	4,61	4,43	4,40	4,40	5,47	5,67	5,23	4,82
Caudal agua evaporador	l/h	8559	11094	12838	14838	17205	22320	25872	29126
Pérdida de carga lado del sistema	kPa	27	43	46	60	30	49	53	67
Caudal agua en el condensador	l/h	10176	13210	15290	17459	20242	26265	30400	34312
Pérdida de carga lado de la fuente	kPa	27	46	62	81	32	52	57	72
Potencia térmica	kW	51	69	76	89	102	140	161	180
Potencia absorbida total	kW	12,79	17,46	19,16	21,29	23,49	32,51	37,00	42,04
COP	WW	4,02	3,97	3,98	4,18	4,35	4,32	4,34	4,28
Caudal agua en el condensador	l/h	8808	11858	13031	15201	17494	24030	27518	30791
Pérdida de carga lado del sistema	kPa	20	37	44	61	24	44	47	59
Caudal agua evaporador	l/h	6668	8963	9859	11711	13560	18640	21381	23843
Pérdida de carga lado de la fuente	kPa	19	31	30	41	20	37	38	47

Refrigeración: (14511:2011)

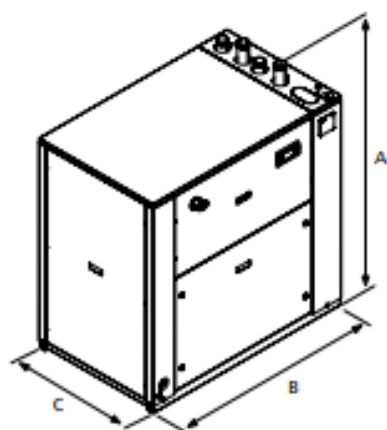
Temperatura del agua evaporador (in/out) 12°C/7°C; Temperatura del agua condensador (in/out) 30°C/35°C

(3) Para las unidades con cambio de ciclo en lado agua Eurovent solo certifica las prestaciones en frío (12/7°C - 30/35°C)

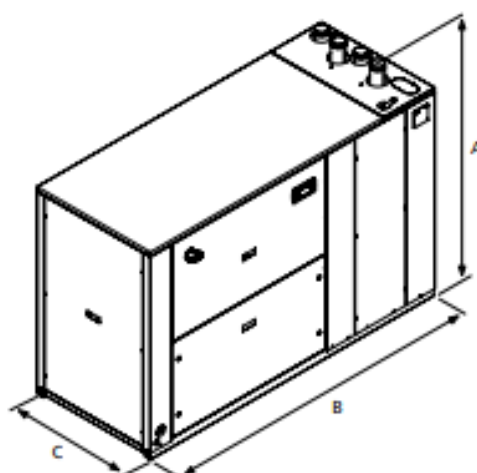
Calentamiento:

Temperatura del agua condensador (in/out) 40°C/45°C; Temperatura del agua evaporador (in/out) 10°C/5°C

Dimensiones



WRL 180-400



WRL 500-650

Modelo WRL		180	200	300	400	500	550	600	650
Altura	A mm	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380
Anchura	B mm	1320	1320	1320	1320	2060	2060	2060	2060
Profundidad	C mm	845	845	845	845	845	845	845	845
Peso	kg	375	375	381	388	518	594	670	715

Datos técnicos

INFORMACIÓN GENERAL				180	200	300	400	500	550	600	650
Datos eléctricos											
Corriente absorbida Refrigeración	(4)	°	A	19,90	25,00	28,50	31,90	36,30	50,80	59,30	68,30
Corriente absorbida calentamiento	(4)	°	A	22,80	29,50	32,00	35,90	41,10	57,80	66,70	76,10
Corriente absorbida Refrigeración	(4)	E	A	22,9	28,5	32,4	35,6	41,8	55,8	64,8	73,9
Corriente máxima (FLA)			A	32	42	45	52	59	99	112	125
Corriente inicial de arranque (LRA)			A	119	123	125	167	174	265	310	323
Compresores											
Compresores		tipo		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
		nº		2	2	2	2	2	2	2	2
Circuitos		nº		1	1	1	1	1	1	1	1
Partialization		%		50-100	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100
Refrigerant		tipo		R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
lado evaporador											
Evaporador		tipo		Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas
		nº		1	1	1	1	1	1	1	1
Conexiones agua (in/out)		Ø		2"	2"	2"	2"	2½"	2½"	2½"	2½"
lado geotermicas											
Condensador		tipo		Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas
		nº		1	1	1	1	1	1	1	1
Conexiones agua (in/out)		Ø		2"	2"	2"	2"	2½"	2½"	2½"	2½"
lado Recuperadores de calor											
desrecalentadores		tipo		Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas	Placas
		nº		1	1	1	1	1	1	1	1
Conexiones agua (in/out)		Ø		1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"
Kit hidráulico				Para obtener más información, consulte la selección de programas de Magallanes o la documentación técnica disponible							
Datos sonoros											
Presión sonora		dB(A)		29,1	29,8	30,9	39,1	35,6	47,1	47,1	47,1
Potencia sonora		dB(A)		61,1	61,8	62,9	71,1	67,6	79,1	79,1	79,1
Alimentación		V/ph/Hz		400V/3/50Hz							